

배관압력관련 TAB사례

김 주 섭

(주)신한기연(jusupk@hanmail.net)

서론

물분배계통 TAB에 있어서 유량밸런싱 못지않게 중요한 것이 배관압력에 대한 이해이다. TAB 기술자는 배관압력에 대한 이해와 분석은 배관 계통의 문제점을 파악하고 개선안을 제시하는데 매우 중요하다. 이에 본 원고에서는 배관계통에서 압력과 관련된 TAB 사례 몇 가지를 소개하고자 한다.

배관의 압력 계획

밀폐배관에 있어서 압력계획이 필요한 이유는

- (1) 운전 중 배관계통 내에 대기압보다 낮은 부분이 있으면 접속부 등에서 공기를 흡입하거나 운전 중 발생한 기포의 배출이 불가능하여 순환 불량 원인이 되는 공기 정체 발생하고 소음 및 배관 부식의 원인이 된다.
- (2) 운전 중 수온에 알맞은 최소압력 이상으로 유지하지 않으면 순환수의 비등이나 국부적인 플래시 현상이 생길 염려가 있어서 수격 또는 펌프의 캐비테이션 원인이 된다.
- (3) 위치 수두압과 펌프의 운전으로 배관계 각부의 압력이 상승하므로 부하기, 열원기기, 기타 배관 각부의 내압상 문제가 생기기 쉽다.
- (4) 수온의 변화에 의한 체적의 팽창, 수축으로 배관 각부에 이상 압력으로 인한 악영향이 미칠 염려가 있다.

일반적으로 이러한 압력을 유지하기 위하여 각종 팽창탱크가 이용되며, 또한 펌프 운전 중의 배관계통 최고 압력에 주의하여 각종 장비 및 배관 자재의 허용 내압을 확인하여야 한다. 밀폐계에 있어서 냉수 또는 온수 배관의 압력을 결정하는 요인은 건물 의 높이에 따른 위치 수두압과 펌프양정 및 배관계통의 압력손실이다. 현장 점검 시에 적정압력으로 유지되는지를 개략적으로 파악하기 위해서는 위치 수두를 알아야 한다. 환수 헤더에 팽창탱크 배관이 연결되었다면 환수 헤더에서의 배관 압력은 위치수두만 고려하면 되므로 만약 층고가 80 m 이면 이곳의 압력은 약 8.3 kg/cm² 이 된다. 이와 같이 위치수두로써 개략적인 배관 각 부위의 압력을 계산하여 현장 점검 시에 배관계의 이상 고압 등을 점검할 수 있다.

TAB 사례

차압밸브 압력 설정

공조기 및 팬코일 유닛의 냉난방용 배관에 실내온도 제어를 위하여 자동 2방밸브를 설치하는 시스템에서 부분부하 운전 시에는 공급 배관에 압력이 상승하므로 일반적으로 공급 및 환수 배관에 차압밸브를 설치하여 공급 배관의 상승압력을 환수 배관으로 바이패스 시킴으로써 압력상승을 방지한다. 이때 차압밸브 압력설정이 적정값 보다 낮은 경우에는 유량이 차압밸브로 바이패스되어 공조기 및 팬코일유닛



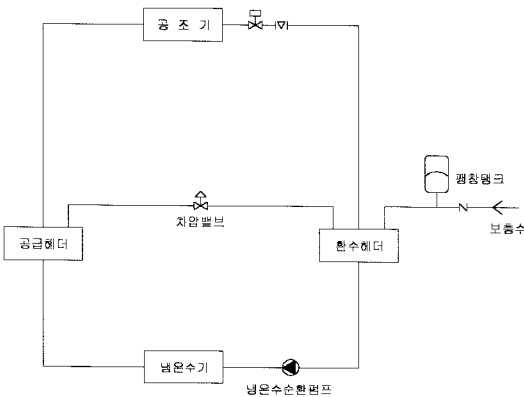
에 유량이 부족할 수도 있으며, 너무 높은 경우에는 공급 배관에 이상 고압 발생 및 냉동기에 유량 부족 현상에 발생할 수도 있으므로 적정 차압 설정이 아주 중요하다.

1) 설계조건

- 가) 냉온수펌프 양정 : 32 m
 - 냉동기의 증발기 : 8 m
 - 공조기의 냉수코일 : 3 m
 - 공조기의 정유량밸브 : 3 m
 - 배관직관(400 m × 0.03 = 12) : 12 m
 - 배관계통 기타 부속류(직관의 50%) : 6 m
 - 계 : 32 m
- 나) 기계실의 위치수두 : 6.0 kg/cm² (60 m)
- 다) 밀폐식 팽창탱크 설정압력 : 6.3 kg/cm²(그림 1)

2) 설정 방법

- 가) 운전시 압력 확인 후 설정 (방법 1)
 - 운전 압력 확인시에는 차압밸브는 닫혀 있어야 하고 냉온수가 공급되는 모든 장비의 자동밸브는 완전 개방되어야 한다. 자동밸브를 완전 개방하기 어려운 경우에는 바이패스 밸브를 개방할 수도 있겠으나 이러한 방법은 각 장비에 설계 유량 이상으로 통과하기 때문에 적절한 방법은 아니다.
 - 환수 헤더의 확인 압력 : 6.3 kg/cm²
 - 공급 헤더의 확인 압력 : 8.4 kg/cm²



[그림 1] 배관 계통도

- 설정 압력

$$= \text{공급헤더압력} - \text{환수헤더압력} + \text{여유압력}$$

$$= 8.4 - 6.3 + (0.3 \sim 0.5) = 2.4 \sim 2.6 \text{ kg/cm}^2$$

설정압력이 낮게 설정되면 최대 부하시에도 유량이 차압밸브로 통과할 수 있으므로 매우 부적합하다. 그러므로 안전을 고려하여 0.3 ~ 0.5 kg/cm² 정도 높게 설정하는 것이 바람직하다.

나) 이론적인 계산 방법에 의한 설정 (방법 2)

- 이 방법은 자동밸브를 완전 개방하기 어려운 경우에 이론적으로 계산하는 방법으로 기계실의 위치수두, 팽창탱크의 설정압력, 냉동기 증발기의 압력손실 및 펌프의 양정으로 차압밸브의 설정 압력을 계산할 수 있다.

- 이론적인 계산방법으로 계산한 값과 방법1안으로 계산한 값과 비교 검토하여 설정 압력을 검토해 볼 수 있다.

- 기계실의 위치 수두 : 6.0 kg/cm²
- 팽창탱크의 설정압력 : 6.3 kg/cm²
- 환수헤더의 압력 : 6.3 kg/cm²
- 냉온수 펌프의 양정 : 3.2 kg/cm² (32 m)
- 환수 헤더와 공급헤더 사이에 작용하는 압력손실 : 1.3 kg/cm²
 - * 냉동기 증발기의 압력손실 : 0.8 kg/cm²
 - * 기타 압력손실 (밸브류, 스트레이너, 배관 등) : 0.5 kg/cm²

- 설정 압력

$$= \text{공급헤더압력} - \text{환수헤더압력} + \text{여유압력}$$

$$= 8.2 - 6.3 + (0.3 \sim 0.5) = 2.2 \sim 2.4 \text{ kg/cm}^2$$

* 공급헤더압력

$$= \text{환수헤더압력} + \text{펌프양정} - \text{압력손실}$$

$$= 6.3 + 3.2 - 1.3 = 8.2 \text{ kg/cm}^2$$

- 다른 계산 방법

- 설정압력 = 펌프양정 - 압력손실 + 여유압력

$$= 3.2 - 1.3 + (0.3 \sim 0.5) = 2.2 \sim 2.4 \text{ kg/cm}^2$$

3) 검토 의견

압력을 약간 높게 설정하면 배관내의 압력만 약간 상승하므로 배관계통내의 내압에만 문제가 없다면 특별한 문제점은 없으며 오히려 유량이 감소함에 따라 펌프 동력을 절감할 수 있는 이점이 있다.

그런데 압력을 너무 높게 설정하면 배관내의 압력이 많이 상승하여 배관 계통 내에 내압 문제가 발생할 수 있고, 또한 압력이 상승함으로 인하여 유량이 많이 감소하게 되면 냉동기 증발기에 유량이 부족하여 문제점이 발생할 수 있다.

운전 시 압력 확인 방법으로 압력을 설정하더라도 압력 측정이 잘못되는 경우를 방지하기 위하여 반드시 이론적인 계산 방법으로 비교 검토하는 것이 바람직하다.

공급 헤더 측정압력이 이론적인 계산압력보다 높은 경우에는 장비의 자동밸브가 닫혀 있는 경우이거나 펌프 양정이 낮게 설계되는 경우이고,

공급 헤더 측정압력이 이론적인 계산압력보다 낮은 경우에는 펌프 설계 양정에 약간의 여유값이 있다고 판단할 수 있다. 설계, 시공 및 펌프 성능에 큰 문제가 없다면 일반적으로 펌프 양정에 다소의 여유값이 있으므로 이론적인 계산압력보다 낮을 것으로 사료된다.

팽창탱크 압력설정

1) 조건

- 기계실의 위치수두 : 6.0 kg/cm² (60 m)
- 위치수두는 팽창탱크 접속 지점의 위치수두이다.
- 만약에 팽창탱크를 옥상의 위치인 제일 높은 지점에 설치한다면 위치수두는 0이 되고 중간기계실에 설치한다면 중간기계실의 위치수두를 계산하면 된다.

2) 밀폐식 팽창탱크 설정압력 : 6.3 kg/cm²

- 팽창탱크 접속지점의 위치수두보다 약 0.3 ~ 0.5 kg/cm² 높게 설정
- 보충수의 압력은 팽창탱크 설정압력과 동일하여야 한다.

높은 경우에는 감압변 설치(감압변 설정압력 확인 필요함)

배관계통 이상 고압 발생 원인

위치수두와 펌프 양정을 고려하여 개략적인 배관 계통의 압력을 예측할 한 결과 배관 계통의 이상 고압이 발생하는 경우는 대부분이 아래의 3가지 경우이다.

1) 팽창탱크 설정 압력이 높게 설정되었다.

적정 압력이 6.3 kg/cm² 인데 만약에 10 kg/cm² 로 설정되었다면 환수 헤더의 배관 압력은 10 kg/cm² 로 고압이 형성된다.

2) 보충수 압력이 높게 공급되고 있다.

적정 보충수 압력은 팽창 탱크 압력으로 공급되어야 하는데 팽창 탱크 압력은 적정하게 설정되었더라도 보충수 압력이 높으면 배관 계통의 압력은 높게 형성된다. 보충수 압력이 높으면 감압밸브를 설치하여 적정압력으로 감압하여야 한다.

3) 차압밸브에서 차압이 되지 않고 있다.

차압밸브에서 차압이 형성되어 유량이 바이패스 되어야 되는데 차압밸브 설정압력이 너무 높게 되었든지 또는 밸브가 닫혀 있어 유량이 바이패스 되지 않으면 공급배관의 압력이 높게 형성된다. 이때 환수 헤더의 압력은 적정압력으로 유지되고 공급압력만 높아진다.

현장 점검 시에 배관 계통의 이상 고압 유무를 확인하기 위해서는

- 기계실 환수헤더의 압력을 확인하여 적정 압력이 형성되는지 우선 확인한다.
- 이상 고압 발생시에는 팽창탱크의 설정 압력 확인 및 보충수의 공급압력 확인 및 감압변의 설정 압력을 확인한다.
- 공급 헤더에서만 이상 압력 발생시에는 차압밸브의 설정압력 확인 및 밸브가 닫혀 있는지 확인한다.

팽창탱크 고압설정으로 인한 이상 압력 사례

1) 현황

00현장의 하절기에 냉온수 순환펌프 가동시에 표 2와 같이 필요이상으로 배관계통의 압력이 상승(특히 ③, ④)하여 배관 계통을 파악하였더니 밀폐식 팽창탱크의 설치 위치가 그림 2와 같은 당초 설계에서 여러 가지 사정으로 인하여 그림 3과 같이 변경되어 설치되었다.

2) 검토

밀폐식 팽창탱크의 당초 설치 위치가 그림 2와

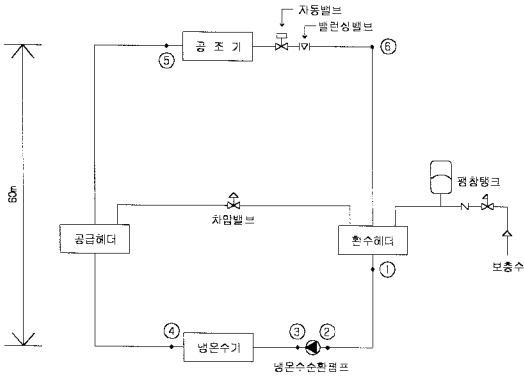


같이 기계실로 예정되어 팽창탱크가 발주되었으나 현장 여건상 옥탑기계실로 변경되어 설치하였다. 팽창탱크 발주 시에는 지하 기계실에 설치되는 조건으로 위치수두가 6.0 kg/cm² 이므로 초기 봉입압력은 6.3 kg/cm²로 발주가 되었으나 팽창탱크 발주 이후에 옥탑기계실에 설치하는 것으로 변경되었으

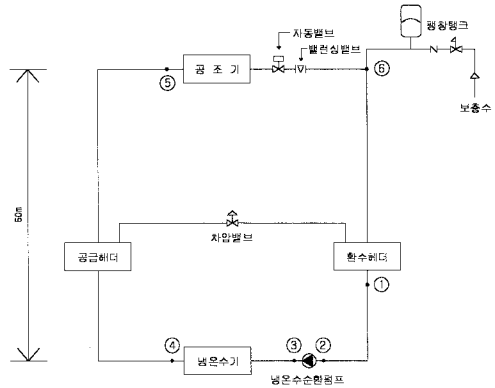
면 봉입압력도 변경하여야 하는데 이를 수정하지 않고 설치함으로써 이상 고압이 형성되어 배관계통 및 장비에 내압의 문제가 발생하였다.

3) 검토 의견

가) 팽창탱크 설치 위치가 옥상기계실로 변경되



[그림 2] 당초설계 팽창탱크 설치 위치



[그림 3] 변경된 팽창탱크 설치 위치

<표 1> 펌프 정지시 각 위치별 압력

(단위 : kg/cm²)

배관위치 번호	당초 설계 시 압력	변경 설치 시 압력	비 고
①	6.3	12.3	지하기계실
②	6.3	12.3	지하기계실
③	6.3	12.3	지하기계실
④	6.3	12.3	지하기계실
⑤	0.3	6.3	
⑥	0.3	6.3	

주) 1. 변경 설치로 인하여 ① ~ ④의 압력이 고압 형성

<표 2> 펌프 운전시 각 위치별 압력

(단위 : kg/cm²)

배관위치 번호	당초 설계 시 압력	변경 설치 시 압력	봉입압력 변경 후
①	6.3	11.8	0.3
②	6.0	11.5	
③	9.5	15.0	
④	8.5	14.0	
⑤	1.4	7.2	
⑥	0.5	6.3	

주) 1. 변경 설치로 인하여 ① ~ ④의 압력이 고압 형성

었으므로 위치수두를 고려하여 초기봉입압력 6.3 kg/cm²를 0.3 kg/cm²로 변경하여 적정압력으로 유지하였다.

나) 상기 현장과 같이 팽창탱크 설치 위치가 변경되어 이상 고압이 되는 경우도 있겠으나 탱크 업체에서 위치수두를 잘못 이해하여 봉입압력을 잘못 설정하여 설치하는 경우도 허다하게 많으므로 현장 설치시 또는 시운전 전에 반드시 봉입 압력을 확인하여 이상 고압으로 인한 문제점을 사전에 예방하여야 한다.

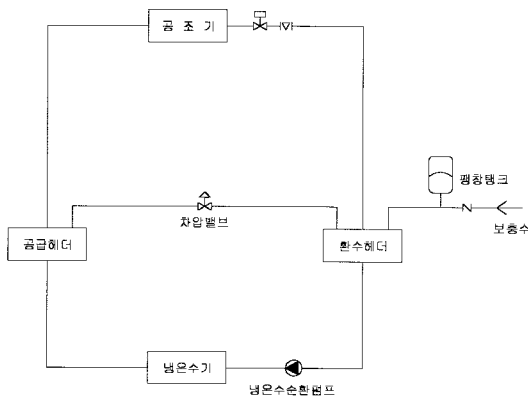
배관 압력 계산 사례

1) 현황(그림 4)

- 가) 기계실의 위치 수두 : 52 m
- 나) 팽창탱크 접속 지점 : 기계실의 환수 헤더

2) 압력 계산 방법

- 가) 팽창탱크 연결 지점을 파악한다.
이 지점은 펌프 정지시나 운전 시에도 항상 압력이 변하지 않는 지점으로 배관계의 압력을 계산하는데 기준이 되는 지점이다. 이 지점의 압력은 팽창탱크 봉입압력이 될 것이므로 즉, 위치수두 + 0.3 kg/cm² 이 된다.
- 나) 건물의 위치 수두를 파악한다. 즉, 배관 각 부위의 위치수두를 파악한다.
- 다) 냉온수 순환펌프의 양정을 파악한다.
- 라) 배관계통의 각 장비와 배관부속 기기의 압력



[그림 4] 배관 계통도

손실을 장비계산서에서 파악한다.

마) 압력 계산 방법

- 펌프 정지 시
팽창탱크 봉입압력에서 배관 각 부위의 위치수두만을 고려하여 압력을 계산한다.

- 펌프 운전 시

팽창탱크 봉입압력에서 배관 각 부위의 위치수두, 배관계통의 압력손실, 펌프양정을 고려하여 압력을 계산한다.

3) 각 위치별 배관 압력

<펌프 정지시>

- 가) 지점 1(환수 헤더)=팽창탱크 봉입압력 = 52 + 3 = 55 = 5.5 kg/cm²
- 나) 지점 2(펌프 흡입)= “1” 압력+위치수두 변동 = 55 + 0 = 55 = 5.5 kg/cm²
- 다) 지점 3(펌프 토출)= “2” 압력+위치수두 변동 = 55 + 0 = 55 = 5.5 kg/cm²
- 라) 지점 4(냉동기 흡입)= “3” 압력+위치수두 변동 = 55 + 0 = 55 = 5.5 kg/cm²
- 마) 지점 5(냉동기 출구)= “4” 압력+위치수두 변동 = 55 + 0 = 55 = 5.5 kg/cm²
- 바) 지점 6(공급 헤더)= “5” 압력+위치수두 변동 = 55 + 0 = 55 = 5.5 kg/cm²
- 사) 지점 7(AHU-1 입구)= “6” 압력+위치수두 변동 = 55 - 52 = 3 = 0.3 kg/cm²
- 아) 지점 8(AHU-1 출구)= “7” 압력+위치수두 변동 = 3 + 0 = 3 = 0.3 kg/cm²
- 자) 지점9(AHU-1 출구)= “8” 압력+위치수두 변동 = 3 + 0 = 3 = 0.3 kg/cm²
- 차) 지점 1(환수 헤더)= “9” 압력+위치수두 변동 = 3 + 52 = 55 = 5.5 kg/cm²

<펌프 운전시>

- 가) 지점 1 = 팽창탱크 봉입압력 = 52 + 3 = 55 = 5.5 kg/cm²
- 나) 지점 2 = “1” 압력+위치수두 변동-(1과 2 사이의 압력손실) = 55 + 0 - 3 = 52 = 5.2 kg/cm²
- 다) 지점 3= “2” 압력+펌프 양정 = 52 + 35 = 87 = 8.7 kg/cm²
- 라) 지점 4= “3” 압력+위치수두 변동-(3과 4 사이의



압력손실) = 87 + 0 - 3 = 84 = 8.4 kg/cm²

- 마) 지점 5 = “4” 압력+증발기 압력손실
= 84 - 8 = 76 = 7.6 kg/cm²
 - 바) 지점 6 = “5” 압력+위치수두 변동-(5와 6 사이의 압력손실) = 76 + 0 - 3 = 73 = 7.3 kg/cm²
 - 사) 지점 7 = “6” 압력+위치수두 변동-(6과 7 사이의 압력손실) = 73 - 52 - 5 = 16 = 1.6 kg/cm²
 - 아) 지점 8 = “7” 압력+위치수두 변동-AHU코일압력손실 = 16 + 0 - 3 = 13 = 1.3 kg/cm²
 - 자) 지점 9 = “8” 압력+위치수두 변동-(8과 9 사이의 압력손실) = 13 + 0 - 5(자동, 정유량밸브) = 8 = 0.8 kg/cm²
 - 차) 지점 1 = “9” 압력+위치수두 변동-(9와 1 사이의 압력손실) = 8 + 52 - 5 = 55 = 5.5 kg/cm²
- 펌프 정지 시와 운전시의 압력은 표 3과 같다.

고층건물의 펌프 위치

1) 현황

그림 5, 6과 같이 펌프 설치 위치에 따라 냉동기의 증발기와 응축기에 걸리는 압력이 다르게 형성되므로 고층 건물인 경우에는 배관 계통의 압력을 고려하여 펌프 설치 위치를 변경할 필요가 있다.

- 가) 냉수 배관 계통(그림 5, 표 4)
- 나) 냉각수 배관 계통(그림 6, 표 5)

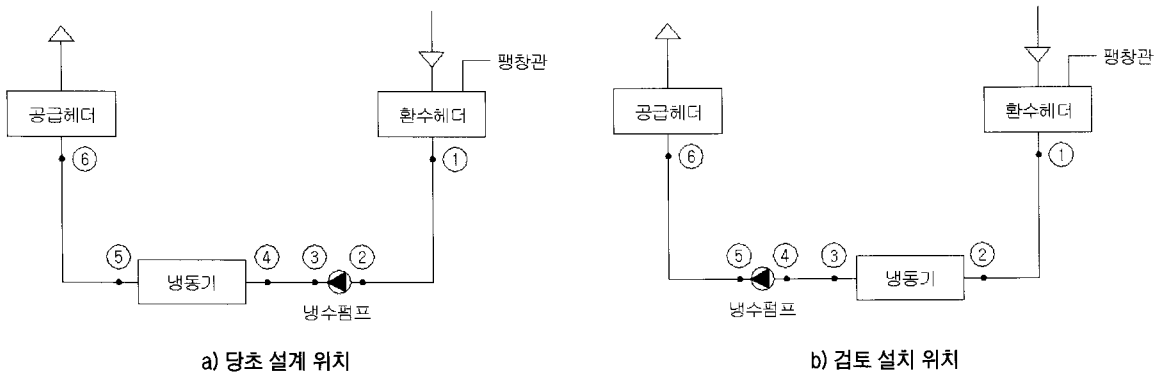
2) 검토 의견

가) 냉수 배관 계통
- 냉동기 증발기의 입구 압력이 설계 펌프 설치 위치에서 펌프 운전 시 압력은 11.5 kg/cm², 검토 설치위치에서는 8.3 kg/cm²으로 압력이 낮게 운전된다.

<표 3> 펌프 정지시와 운전시의 압력

(단위 : kg/cm²)

배관 위치	펌프 정지시	펌프 운전시	비고
지점 1	5.5	5.5	평창탱크 연결지점
지점 2	5.5	5.2	
지점 3	5.5	8.7	펌프양정 : 35 m
지점 4	5.5	8.4	
지점 5	5.5	7.6	
지점 6	5.5	7.3	
지점 7	0.3	1.6	
지점 8	0.3	1.3	
지점 9	0.3	0.8	배관 최상부의 말단

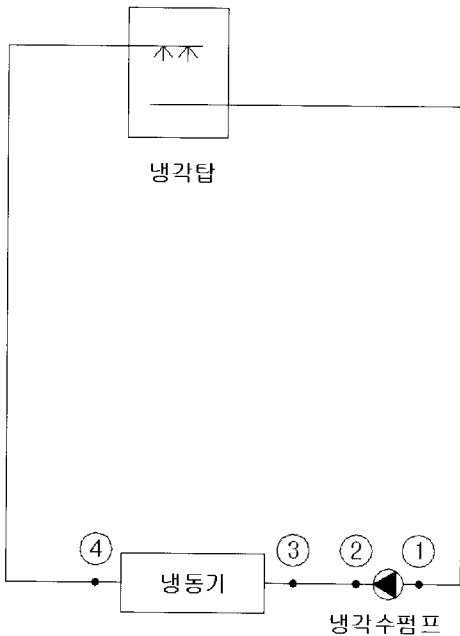


[그림 5] 냉수 배관 계통의 펌프 설치 위치

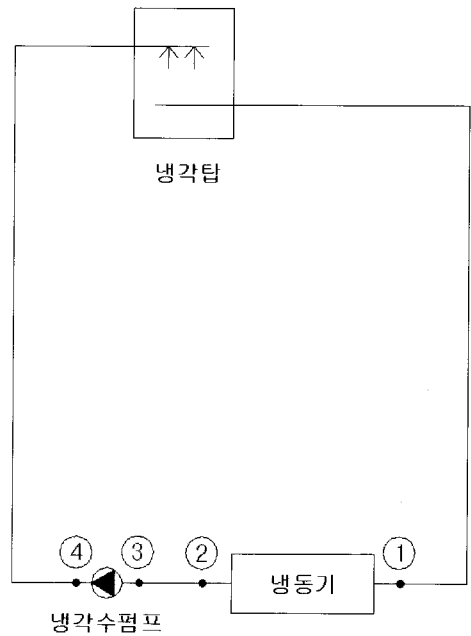
<표 4> 냉수 배관 계통 압력 분포

(단위 : kg/cm²)

NO	당초 설계 설치 위치		검토 설치 위치	
	펌프 정지 시 압력	펌프 운전 시 압력	펌프 정지 시 압력	펌프 운전 시 압력
①	8.6	8.6	8.6	8.6
②	8.6	8.3	8.6	8.3
③	8.6	11.8	8.6	7.5
④	8.6	11.5	8.6	7.2
⑤	8.6	10.7	8.6	10.7
⑥	8.6	10.4	8.6	10.4



a) 당초 설계 위치



b) 검토 설치 위치

[그림 6] 냉각수 배관 계통의 펌프 설치 위치

<표 5> 냉각수 배관 계통 압력 분포

(단위 : kg/cm²)

NO	당초 설계 설치 위치		검토 설치 위치	
	펌프 정지 시 압력	펌프 운전 시 압력	펌프 정지 시 압력	펌프 운전 시 압력
①	8.1	7.6	8.1	7.6
②	8.1	11.1	8.1	6.8
③	8.1	10.8	8.1	6.5
④	8.1	10.0	8.1	10.0



- 냉동기 증발기의 표준 사양 압력은 일반적으로 8.0 kg/cm²이므로 설계 펌프 설치 위치에서는 냉동기 내압에 문제점이 예상되므로 내압을 고려한 발주가 요망된다.

나) 냉각수 배관 계통

- 냉동기 응축기의 입구 압력이 설계 펌프 설치 위치에서 펌프 운전 시 압력은 10.8 kg/cm², 검토 설치 위치에서는 7.6 kg/cm²이므로 압력이 낮게 운전된다.

- 냉동기 응축기의 표준 사양 압력은 일반적으로 8.0 kg/cm²이므로 설계 펌프 설치 위치에서는 내압에 문제점이 예상되므로 내압을 고려한 발주가 요망된다.

다) 층고가 높은 건물에서는 설계와 같이 냉동기 입구 측에 펌프를 설치할 경우 냉동기의 증발기 및 응축기에서 압력이 높게 유지되어도 냉동기가 내압에 문제가 없다면 크게 문제시 되지는 않지

만, 검토와 같이 냉동기 출구 측에 펌프를 설치하여 냉동기의 증발기나 응축기에 낮은 압력으로 운전하는 것이 유지 관리적인 측면에서 유리하다고 사료된다. 냉동기 사용 연수가 경과할수록 증발기와 응축기는 점점 노후화되어 초기에는 내압에 문제가 없더라도 노후화된 상태에서는 내압 문제가 발생할 수 있으므로 가능한 낮은 압력 상태를 유지하는 것이 바람직하다.

맺음말

위와 같이 배관계통의 이상고압 발생원인, 배관 압력 계산 방법, 팽창탱크 및 차압밸브 압력 설정에 대한 몇 가지 사례를 소개하였습니다. 부족하고 미흡하지만 배관계통의 압력에 대한 이해와 검토에 많은 도움이 되었으면 하는 바램입니다. 