

초고층 빌딩에서의 정수두 처리기법 고찰

Treatment of Hydrostatic Pressure from a High-Rise Building

여 선 이*, 정 대 진**, 이 재 헌***
S. E. Yeo, D.J.Chung, J. H. Lee

1. 서 론

건물의 규모가 최근에 와서 점점 대형화 초고층화로 변모해감에 따라 건축, 기계 설비분야에서도 고도의 시스템 설계 기법의 연구가 요망되고 있으며 아울러 시공측면에서도 이에 상응하게 시공 기술이 개발되어야 하는 시기가 지금이 아닌가 생각되어진다.

이에 따라 최근 국내에서 완공된 한국종합무역센터 무역회관(지하 2층, 지상 54층) 설비시스템의 시공과 관련하여 본 학회에서 실시한 TAB 용역 사업시에 검토된 초고층 빌딩인 무역회관 설비시스템 중에서 정수두 처리가 요구되는 냉수 계통을 선정하여 금후 이 시스템의 채택시 주의할 사항을 기술코자 한다. 무역회관 빌딩은 건물을 수직으로 5개 층운(zone)으로 구분 설계되어 있으며 이 중에서 정수두가 가장 높은 층운은 46층에서 54층 구간으로 냉수배관 최저부에서 정수두가 24.3 kgf/cm^2 로 작용된다.

본 논설은 본 빌딩에 설치된 각종 기기들의 실제 운전상태를 확인하고 이 자료가 설계계획시와의 상이점을 검토함으로써 향후 초고층 빌딩설계 기획단계에서 참고가 되었으면 하는 바램으로 준비되었다.

본 논설에서는 초고층 빌딩의 정수두 처리 방법을 논하는 단계로서 크게 4가지 항목으로 아래와 같이 구분하여 서술하고자 한다.

첫째, 시스템을 구성하는 기본적인 검토사항으로서 각종 제어기기에 관한 특성 조사를 행한다.

둘째, 특성 조사된 각 제어기기를 응용하여 시스템을 어떻게 구성할 것인가를 검토한다.

세째, 검토된 시스템을 실제설비에 적용한 현황을 논의한다.

네째, 설치된 시스템이 기본 설계 이념에 부합되었는지 분석한다.

2. 제어기기에 관한 특성 조사

2.1 유량제어밸브

2.1.1 밸브 특성의 선정

유량제어밸브에는 밸브 스트로크(stroke)와 통과 유량과의 사이에 고유 특성을 갖고 있다. 이 고유특성이란 밸브 전후의 차압을 일정하게 하였을 때 밸브 스트로크와 유량관계를 말하여 이 종류로서는 대표적으로 리니어(linear) 특성과 이컬퍼센트(equal percent) 특성이 있다.

리니어 특성은 그림 1의 보이는 바와 같이

* 정회원, 한국종합무역센터 건설본부

** 정회원, 한일기술연구소

*** 정회원, 한양대학교 공과대학

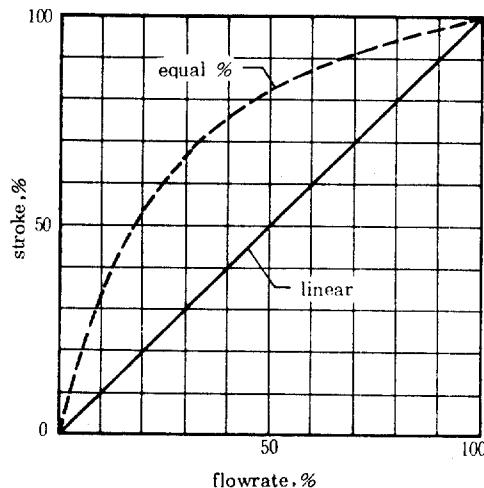


그림 1. 밸브의 고유특성

밸브 스트로크의 증가에 따라 유량이 선형적으로 비례하여 증가되는 것을 말하고 이에 반해 이컬퍼센트의 특성은 밸브 스트로크의 변화에 따라 사용 유량의 변화가 비선형적으로 되는 것이다. 즉 동일한 스트로크에서도 밸브 개도가 적을 때는 유량변화가 적고 밸브 개도가 클 때는 유량변화가 크게 되는 특성을 말한다. 그러나 실제 배관계통에 밸브를 설치하여 동작시켰을 때 대부분의 경우에는 스트로크의 변화에 따라 밸브 전후의 차압이 변동하기 때문에 고유 특성보다는 실제적인 특성을 고려하여야 한다.

이와 같이 배관 계통의 조건을 감안하여 고유 특성을 수정한 실제적인 특성을 유효특성이라 한다. 이러한 차압변동 원인은 주로 배관저항, 코일저항, 그리고 펌프의 특성 등에서 기인된다.

이제 밸브 선정시 리니어 특성과 이컬퍼센트 특성 중 어느 것을 선택할 것인가를 위하여 그림 2에 표시한 배관계통을 실례로 하여 관로 저항과 펌프 특성 사이에 어떤 관계가 있는지 살펴보자.

배관계통의 전압력 강하(ΔP)가 일정할 때 관로손실 중 배관저항(ΔP_2)는 유량에 비례하고 밸브의 압력강하(ΔP_1)는 스트로크의 제어 위치에 따라 변동하게 된다. 따라서 그림 3(a)

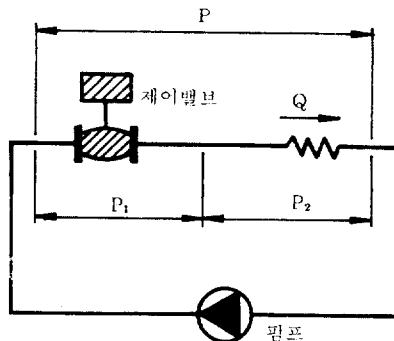


그림 2. 배관시스템 구성예

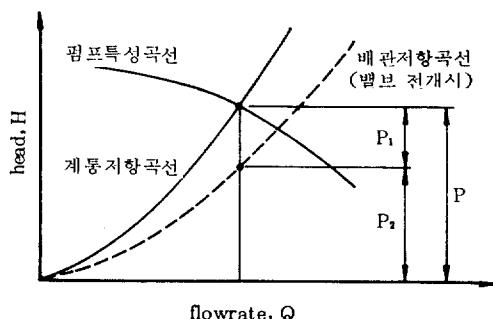


그림 3(a) 배관계통의 유통압력특성 곡선

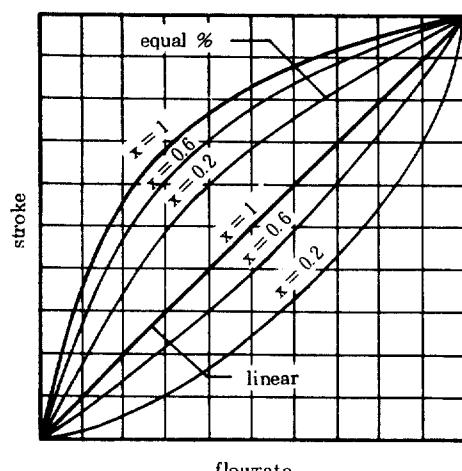


그림 3(b) 밸브의 유효특성 곡선

에 표시된 것처럼 배관계통의 압력강하 변동은 주로 밸브에 관계되므로 밸브압력강하비는 $x = \Delta P_1 / \Delta P$ 로 특징지울 수 있다. 밸브의 특

성 측면에서 생각하면 x 값이 클 수록 좋다. 밸브 전후 발생되는 압력강하(ΔP_1)가 클수록 즉 x 값이 클수록 그림 3(b)에서 보는 바와 같이 좋은 제어성을 가지는 것을 알 수 있다.

일반적으로 밸브 전후의 차압이 일정하게 되는 시스템에서는 리니어 특성을 사용하고 그렇지 않은 경우에는 주로 이컬퍼센트 특성을 사용하고 있다.

2.1.2 밸브의 선정

유량제어 밸브의 능력을 밸브 크기만으로 간단히 나타낼 수 없기 때문에 어떤 기준 조건을 정한 후 이것에 의하여 능력을 정하고 있다. 이러한 능력의 표시 방법으로는 유량계수를 이용할 수 있으며 기준조건에 따라서 C_v 값 혹은 K_v 값으로 구분할 수 있다. C_v 값의 기준은 밸브 전후의 차압을 1 psi로 유지시키면서 밸브가 전개된 상태에서 60°F 물이 1 u.s gal/min의 유량으로 흐르고 있을 때이며 그때 $C_v = 1$ 로 정의한다. K_v 값의 기준은 밸브 전후의 차압 1 kgf/cm²로 유지시키면서 밸브가 전개된 상태에서 15°C 물이 1 m³/hr의 유량이 흐르고 있을 때이며 그 때 $K_v = 1$ 로 정의한다. 그리고 현재 세계적으로 널리 채용되고 있는 유량계수 표현 방식은 C_v 값이다.

C_v 값 산정시 필요한 유량은 어떤 경우이든 최대 유량 통과시의 값으로 한다. 유량제어방법은 2위치 제어와 비례 제어방식이 있다. 2 위치 제어인 경우에는 증기나 물 제통 관경과 동일한 포트가 좋으나 경제적인 이유로 하여 관경을 축소시키는 경우는 밸브의 가장 가까운 입구와의 차압이 20% 정도로 하면 좋다.

비례제어인 경우에는 가능한 한 포트가 큰 것이 바람직하다. 그러나 일반적으로 차압이 50~80% 범위로 하여 설계조건으로부터 값을 구하고 이 값에 상당하는 규격의 밸브를 선정하면 된다.

2.2 펌프 특성과 운전점

펌프의 선정은 일반적으로 제작사의 규격서에 의하기 때문에 설계치가 요구하는 유량이

나 양정에 완전히 험치되는 성능을 갖는 펌프는 거의 찾을 수 없다. 설사 찾는다 하더라도 배관 저항 사이에는 얼마간의 차이가 생기게 되므로 배관계통을 흐르고 있는 실제유량은 설계치와 같아지지 않는다.

이 실제 유량은 선정된 펌프의 성능 곡선과 배관계통의 저항곡선에서 운전점을 확인하여 구할 수 있다. 저항 곡선에서 배관 계통의 저항은 유량의 2승에 비례하며 원점과 정수두에 상당하는 점을 통과하는 포물선으로 되기 때문에 기준 유량 Q_0 을 흐르게 하였을 때 배관계통의 저항 H_0 을 측정한 후 임의의 유량 Q_1 을 흐르게 했을 때 배관계통 저항 H_1 은 $H_1 = (Q_1/Q_0)^2 H_0$ 에 의하여 쉽게 구할 수 있다. 여러가지 펌프의 특성에서 성능 곡선의 구배가 급경사인 것 혹은 비교적 완만한 것 등 여러 종류가 있으나 전자를 사용할 때 설계양정과 실제 저항과의 차이에 의한 운전점의 변동에 의한 실제 유량의 변화가 비교적 적다. 또한 유량 설계치가 과대할 때는 운전점의 변동에 따라 펌프 동력의 과부하를 야기시킬 경우가 있으며 설계유량 이상을 부하코일에 통과시켜도 부하기기의 열출력 특성 향상에는 그다지 영향이 없기 때문에 불필요한 동력만 소비하게 된다.

3. 시스템 구성 방식의 검토

3.1 제어방식

3.1.1 밸브에 의한 유량제어

부하제어는 일반적으로 3방 밸브나 2방 밸브를 사용하는 방법이 채택되고 있다.

3방 밸브의 경우는 부하측에 흐르는 유량을 온도 조절기 등으로부터의 신호에 의하여 흐름의 방향을 제어한다. 그러나 바이패스측의 저항은 일반적으로 작기 때문에 3방 밸브의 주변 전체의 저항이 작게 되므로 오히려 유량은 증가하게 된다. 이와 같이 시스템 전체로는 완전한 정유량 방식이 되지 않는다. 즉 그림 4에서 보는 바와 같이 3방 밸브가 완전히 열렸을 때와 바이패스가 완전히 열렸을 때의

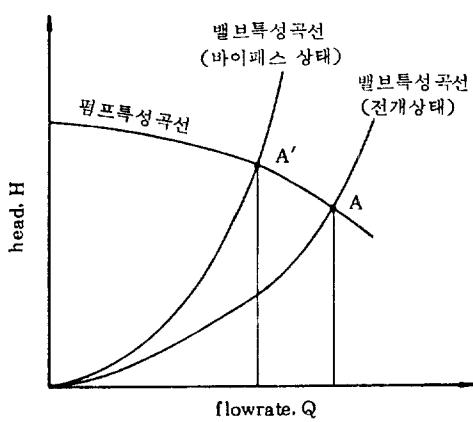


그림 4. 3 방밸브 저항곡선

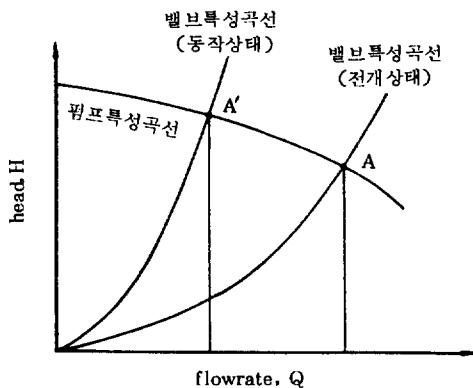


그림 5. 2 방밸브 저항곡선

관로 특성이 다르기 때문에 펌프의 운전점은 그림 4의 A와 A' 사이에서 변화하게 된다.

2 방밸브제어를 이용하는 변유량 방식의 경우에는 밸브 폐쇄 동작에 의해 펌프의 운전점은 그림 5의 A와 A' 사이에 위치하게 되므로 운전성능이 불량이 되는 A' 점 이하로 유량이 감소되지 않도록 적당한 바이пас 장치를 설치하여야 한다.

특히 유량 제어밸브의 특성의 선정은 밸브 전후의 압력차에 의존되므로 밸브 폐쇄에 의한 펌프의 양정증가로 하여 이때 생기는 차압변동으로 밸브 특성에 애곡 현상이 발생하기 때문에 급격한 성능 곡선을 갖는 펌프는 사용하지 않는 것이 바람직하다.

3.1.2 2차펌프에 의한 유량제어
공조 시스템에서 종종 이용되고 있는 2차

펌프를 사용하는 배관 시스템의 운전점에 관한 검토를 위하여 그림 6(a)에 배관 구성을 나타내었다. 여기서 P_1 및 P_2 는 2차펌프 및 1차펌프이다. R_1 는 (a)관로의 저항, R_2 는 (b)관로의 저항이다.

그림 6(a)에서 관로(a)에 설치된 2차펌프 P_1 이 1차펌프 P_2 와 유사한 특성 곡선을 가지는 경우 종합적인 시스템 성능 곡성을 작성하면 그림 6(b)와 같이 나타낼 수 있다. 또 각 특성 곡선의 명칭은 그림에 표시된 바와 같다. 아울러 그림 6(a)에 표시된 배관 구성을 대한 운전점 A, B, C 그리고 A', B', C'를 그림에 표시하였다. 여기서 Q_a , 유량 Q_b 는 각각 (a)관로 및 (b)관로의 설계 유량이며 양정 $A\bar{A}''$ 는 펌프 P_1 의 양정, 양정 H_1 은 P_1 운전시 펌프 P_2 의 양정 그리고 양정 H'_1 은 펌프 P_1 정지시 펌프 P_2 의 양정을 뜻한다.

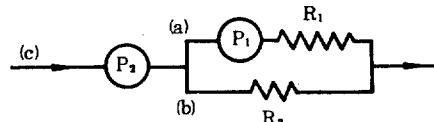


그림 6(a) 2차펌프 사용배관 구성예

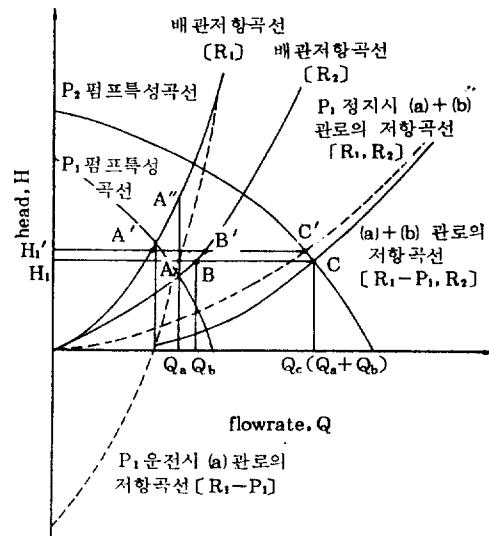


그림 6(b) 2차펌프 사용시 종합성능곡선

이러한 운전점을 기초로 설계유량으로부터 2차 펌프의 대수를 분할할 수 있다면 대수제어와 동시에 회전수 제어를 병행시켜 광범위한 유량제어를 할 수 있다.

3.1.3 교축밸브에 의한 펌프 토출압력 제어

교축밸브를 이용하여 관로내의 압력제어를 수행하기 위하여 교축밸브가 이용된 배관구성 예를 그림 7(a)에 표시한다. 즉 펌프 토출압력을 일정하게 하기 위하여 압력 검출기 K에 의해 밸브 V_1 를 제어하고 밸브 V_2 는 부하변동에 따라 유량을 제어한다.

상기 배관구성 예에 대한 종합적인 시스템 성능 곡선을 그림 7(b)에 나타내었다. 그러나 부분 부하시에는 저항곡선 R 는 R' 로 변경되고 운전점은 A에서 A'로 이동된다. 또 최대부하시 밸브 V_1 과 밸브 V_2 가 전개되었을 때의 손실을 각각 P_{v11} , P_{v21} 로 표시되며 부분 부하시는 각각 P_{v12} , P_{v22} 로 표시될 수 있다.

따라서 밸브 V_2 에 걸리는 차압 변동폭은 P_{v21} 이 되므로 이 범위내에서 양호한 제어성을 갖는 밸브 V_2 를 선정하여야 한다. 또한 밸

브 V_1 의 압력 변동폭은 최대치가 $H_1 - H_2$ 로 되어야 하므로 이 압력에 견딜 수 있는 폐쇄 동작이 가능한 것으로 선정하여야 한다. 그럼에서 곡선 $(R - V_1)$ 은 밸브 V_1 전개시의 관로 저항곡선, 곡선 $(R - V_1)'$ 는 부분부하일때 밸브 V_1 전개시의 관로 저항 곡선 그리고 곡선 $R - (V_1 + V_2)$ 는 밸브 V_1 과 밸브 V_2 가 전개되었을 때의 관로 저항 곡선이다.

3.1.4 바이패스밸브에 의한 펌프토출압력제어

바이패스를 이용하여 관로내의 압력 제어를 설명하기 위하여 전항(3.1.3)과 같이 배관구성 예를 그림 8(a)에 나타내었다. 그리고 이에 대한 운전점을 작성하여 그림 8(b)에 나타내었으며 그림에서 곡선 R'' 는 바이패스밸브가 작동될 때의 관로저항 곡선이다.

여기서 부하가 감소하면 그림 8(a)의 밸브 V_2 가 동작하여 차압 변동이 생기며 이에 따라 V_3 에 의한 바이패스로 인하여 펌프는 항상 일정한 유량으로 운전된다. 이때는 최대부하시와 동일하게 되므로 비경제적인 것이 결점이다.

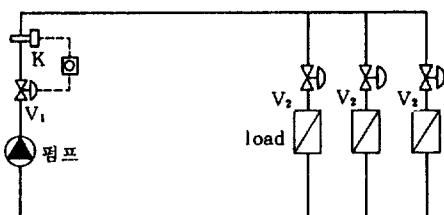


그림 7(a) 교축밸브가 이용된 배관구성예

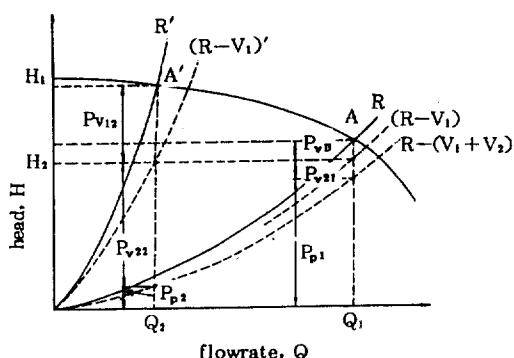


그림 7(b) 교축밸브 제어시 종합성능곡선

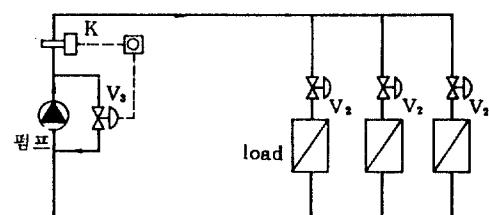


그림 8(a) 바이패스가 이용된 배관구성예

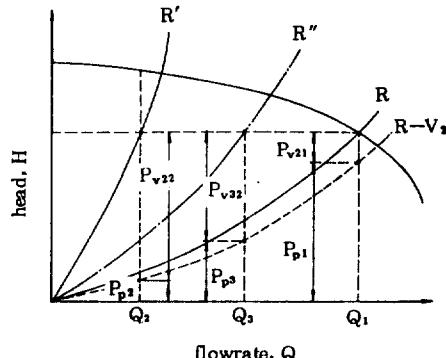


그림 8(b) 바이패스 제어

3.2 냉수공급 배관시스템

냉수공급 배관계통에 있어서 정수두 압력이 부하측에 어느정도로 작용하게 할 것인가 또 공급 압력차를 얼마나 유지시킬 것인가에 관하여 설계 계획시에 반드시 검토되어야 한다.

이것은 이 시스템에 대한 신뢰도 뿐만 아니라 유지보수성에 지대한 영향을 주기 때문이다. 좀 더 구체적으로 언급하면 정수두 압력이 높지 않으면 일반적으로 사용할 수 있는 범용 기자재를 선정할 수 있으므로 기자재의 선택이 넓게 되고 아울러 경제성이 있는 시스템이 구성될 수 있는 것이다. 이러한 점에서 초고층 빌딩의 경우 물 계통 배관을 수직으로 분할하고 있다.

추가되는 사항으로서는 유량 운반방법 결정 시 에너지 절약측면이 강조되므로 변유량 방식 혹은 정유량 방식 중 어느 것을 선택할 것인가를 검토하여야 한다.

3.3 냉수 환수배관 시스템

냉수 환수배관 시스템은 시스템에 작용되는 관로 저항에 따라 직환수 시스템과 역환수 시스템으로 크게 구분하고 있다.

직환수 시스템에 있어서는 펌프의 가장 가까운 부분에 있는 기기와 가장 먼 곳에 있는 기기 사이에는 공급 압력차이가 생긴다. 그러나 이 차이는 밸브 구경이 상대적으로 큰 냉수 계통에서는 결정적인 역할을 하지 않는다. 이와 반대로 역환수 시스템은 일반적으로 공급 압력차를 동일하게 하기 위하여 사용되나 관로 저항이 직환수 시스템의 약 1.5배나 되며 배관재료의 증가도 또한 크게 되므로 이의 선정을 신중히 검토하여야 한다.

4. 시스템의 채택

4.1 시스템의 구성 현황

무역센터 단지내에는 건물의 용도에 따라 무역회관을 중심으로 다섯동의 건물군으로 구성되어 있으며 열원 설비계통은 4개소로 구분 설치되어 있다. 무역회관과 전시동은 한 개소

에 집중 설치된 열원설비를 사용한다.

이 시스템의 구분은 열원측을 1차로 하여, 각 건물측을 2차로 하여 설계 시공되어 있다.

1차 계통에서는 냉열원으로서 흡수식 냉동기와 터보냉동기를 조합한 직렬 시스템이 구성되었으며 1차 냉수펌프에 의하여 4~6°C의 냉수를 7 kgf/cm^2 의 압력으로 공급한다.

무역회관의 공급측에서는 2차 냉수펌프를 운용하여 부하측으로 가압시키며 환수측에서는 압력 조절 서비스를 이용하여 반송 압력을 5~6 kgf/cm^2 범위로 감압시켜 1차 열원측으로 반송시키고 있다.

4.2 시스템의 선정

4.2.1 냉수 운반방법

냉수 운반방법으로 변유량 방식과 정유량방식의 두 가지가 있으며 이 두 가지 방식의 상세한 비교는 표 1에 나타내었다. 본 빌딩에서는 년간을 통하여 다량의 냉수가 요구되므로 반송에너지 절약에 가장 효과적으로 대처할 수 있는 변유량 시스템이 선정되었다.

	변유량방식	정유량방식
운전제어	유량을 변화시켜 광범위한 부하를 처리	온도차를 변화시켜 광범위한 부하처리
펌프제어	속도조절 제어, 대수제어, 속도조절제어 + 대수제어	온-오프제어 (ON-OFF)
유량조절 밸 브	2방 밸브	3방 밸브
온 도	일정유지	변화
유 량	변화	일정유지

4.2.2 수직준운의 분할

만일 무역회관과 같은 초고층 빌딩에 단일 준운 시스템을 사용한다면 높은 정수두압이 저층부의 부하측 기기에 작용하게 된다.

이 공급측 펌프에 걸리는 수두 압력을 개략적으로 계산하면 약 30 kgf/cm^2 정도가 된다. 이와 같은 정수두 압력에 대처하기 위하여 높

은 내압성의 기기를 사용함으로써 초기 투자비의 증가, 특수 기기 사용에 따른 교체의 어려움, 기구 조작과 고장 처리의 어려움 등이 불가피하게 나타나게 된다.

상기 이유에서 본 빌딩은 수직 5개 층운으로 구분하였다.

4.2.3 냉수공급 시스템의 선정

냉수 공급 계통을 수직 방향으로 5개 층운으로 구분하여 냉수사용 계통별로 정수두압력을 $7 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ 이하로, 그리고 냉수공급 압력 차를 $10 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ 이하로 유지되도록 변유량방식을 선택하였다.

이에 덧붙여 회전수 제어와 대수제어방식을 조합 선택하여 시스템의 반송 에너지를 최소화시킬 수 있도록 하고 동시에 시스템에 대한 신뢰도를 높이고 보수가 용이하도록 하였다.

4.2.4 냉수 환수 시스템의 선정

냉수 환수계통은 직환수 시스템으로 선정하였다. 이 직환수 시스템을 선택함으로써 정수두 압력이 $10 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ 이상되는 층운에는 압력 제어설비가 구비되어야 하므로 설비상식을 선택을 위하여 표 2에서는 열교환 방식과 압력 조절방식을 비교 검토하였다.

표 2. 냉수계통 압력조절방식 비교

	열교환기방식	압력조절방식
압력조절	회로분리처리	감압조절
열원기기용량	증 가	감 소
단말기기용량	증 가	감 소
유량제어	복 잡 함	용 이 함
시스템안정성	좋 다	나쁘다
공사비	증 가	감 소
보수성	나쁘다	좋 다

압력조절방식이 시스템의 안정성면에서 다소 문제가 되지만 열교환 방식보다 모든 점이 우수하다고 판단되므로 본 빌딩에서 압력조절방식을 선정하였으며 시스템의 신뢰도를 높이기 위하여 병렬 관로를 형성하였다.

4.2.5 제어기기의 선정

(1) 조절밸브

냉수 시스템의 유량제어에서는 비례제어시스

템을 채용하였다. 그런데 비례제어를 이용하여 연속제어시는 조절밸브 특성으로 리니어 또는 이컬퍼센트 특성의 것이 모두 사용되나 그 결과의 양부는 제어시스템의 여러가지 인자와 밀접한 관계를 갖게 되므로 일률적으로 단정할 수는 없다.

본 빌딩에서는 밸브 전후에서 차압변동이 심하므로 이컬퍼센트 특성을 근간으로 하여 시스템을 구성하도록 하였으며 차압이 밸브 전단압력의 50%가 되도록 밸브를 선정하였다.

(2) 펌프

냉수 시스템의 설계조건으로부터 검토한 결과 2차 펌프의 설치위치가 지하 2층으로 결정됨에 따라 펌프 전후의 차압이 $15 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ 이상 되므로 펌프의 기종으로서는 터빈 펌프를 선정하였다. 아울러 설계유량에 따라 펌프 대수를 4대로 분할하여 베이스 1대는 회전수 제어 방식으로 제어하고 나머지 3대는 유량에 따라 대수제어가 가능하도록 하였다.

4.2.6 서지 탱크의 선정

냉수공급 계통이 변유량이므로 냉수환수 배관계통의 최상부에는 환수 압력의 변화에 따라 순간적으로 진공상태가 유발될 경우가 있으며 이로 인한 배관 손상을 방지하기 위하여 관로 내부를 항상 만수상태로 유지시켜야 한다. 이와 같은 목적으로 최상부에 설치된 부하기보다 1m 이상 위치에 용량 1m^3 의 서지 탱크를 설치한다.

5. 시스템의 분석

5.1 냉수환수 압력제어기기

본 빌딩에서는 정수두가 가장 크게 작용하는 46층에서 54층구간의 환수 계통 설계 조건은 다음과 같다.

- 냉수온도 : 13°C
- 배관관경 : 200mm
- 통과유량 : $3,520 \ell/\text{min}$
- 압력제어방식 : 2단제어
- 밸브입구압력 : $24.3 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$
- C_v 값 : 175
- 밸브구경 : 100mm

실제 시공된 1단압력 제어밸브는 구경 100 mm, 내압 30 kgf/cm^2 , 밸브포트 80 mm 그리고 C_v 값 99이며 밸브스트로크 75~85% 개도에서 밸브 출구압력이 13 kgf/cm^2 로 지시되고 있었다.

2단 압력제어용 밸브는 구경 100mm, 내압 30 kgf/cm^2 , 밸브포트 100mm 그리고 C_v 값 175의 것이며 밸브 스트로크 80~85% 개도에서 밸브 출구압력이 $5.8 \sim 7 \text{ kgf/cm}^2$ 로 처리되어 1차측으로 환수되고 있었다.

상기에 대한 실측자료에 의하여 C_v 값을 재검토한 바 1단측은 $C_v \approx 72$, 2단측에서는 $C_v \approx 100$ 이었으며, 양측 모두 밸브포트가 80mm 이면 충분하였다. 그러나 실제 동작상태가 설계조건에 부합되고 제어성도 양호한 편이었으므로 선정에 무리가 없었다고 판단된다.

5.2 냉수 2차펌프

펌프는 터빈펌프로 선정하였으며 설계기준은 다음과 같다.

- 유량 : $880 \ell/\text{min}$
- 양정 : 260 m
- 흡입수두 : 58 m
- 설치대수 : 4 대

실제 시공에서는 아래와 같은 터빈펌프가 선정되었다.

- 유량 : $880 \ell/\text{min}$
- 양정 : 260 m
- 흡입구경 : 80 mm
- 토출구경 : 65 mm
- 임펠러단수 : 4 단
- 회전수 : $3,500 \text{ rpm}$
- 케이싱내압 : 30 kgf/cm^2

실제 펌프의 순환유량은 $900 \sim 1,700 \ell/\text{min}$ 범위에서 운전되고 있었으므로 원인을 조사한 결과 펌프의 흡입 수두의 변화를 감안하지 않고 선정되어 성능 곡선의 운전점 변화에 의한 유량 증가로 판명되었다. 그러나 유량 제어시스템이 회전수 및 대수제어 방식으로 되어있기 때문에 전체 계통에는 큰 영향을 미치지 않았다. 이러한 시스템 구성시 열원측 1차펌프와 부하측 2차펌프의 운전방식을 고려하여 기

기 용량 및 운전제어방식을 선정하여야 한다. 그렇지 않으면 향후 펌프 특성에 따른 유량이 과대되는 현상이 발생될지 모르므로 기기제작 검사시에는 흡입수두를 설계조건으로 하여 개별시험을 행하여야 될을 잊지 말아야 한다.

5.3 시스템의 종합 시운전

정수두압력 약 30 kgf/cm^2 가 작용하는 초고층 빌딩인 무역회관의 냉수 시스템의 종합시운전을 실시한 결과 냉수 배관 시스템의 운전조작 순서가 매우 중요하였다. 이에 따라 펌프 및 환수측 정수두 압력제어시설을 중심으로 기동조작 순서를 설명코자 한다.

5.3.1 펌프

펌프주변 배관구성은 그림 9에 나타내었다. 모든 펌프가 정지시에는 고압의 정수두가 밸브 상부에 작용하고 있으므로 워터햄머에 의한 펌프의 파손을 방지하기 위하여 변유량 펌프를 기동시켜 정수두 압력과 동일하거나 그 이상될 때 변유량펌프 상부의 밸브 V_1 이 열리게 한다. 이어서 유량신호(Q)에 의하여 동일 방법으로 3대의 정유량 펌프가 순차적으로 기동되도록 한다. 만약 유량 신호의 고장등의 이유로 시스템의 설정압력(P)이 과대하게 될 경우에는 밸브 V_2 를 작동시켜 펌프 토출압력이

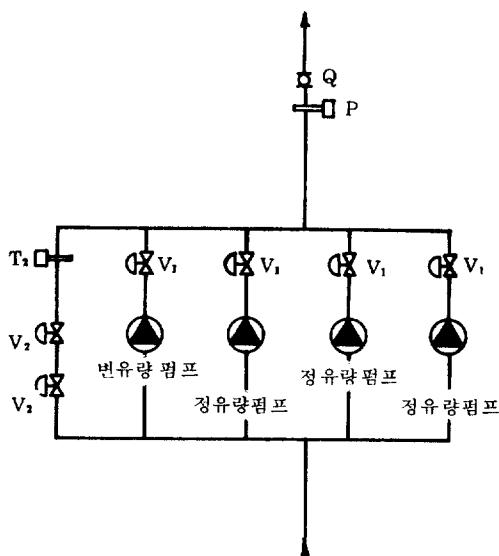


그림 9. 펌프 주변배관 계통도

설정치 이하가 되도록 바이пас스 제어가 수행되어 신뢰성을 위한 제어 성능을 추가시키고 있다. 만약 사용 유량이 감소되면 유량신호에 의한 정유량 펌프의 대수제어를 행하며 계속적으로 유량 감소신호가 지시되면 변유량 펌프는 회전수 제어에 돌입하게 된다. 그러나 변유량 펌프의 순환 유량이 감소되어 유체의 온도가 상승하게 되면 온도신호(T_2)에 의해 변유량 펌프가 정지되도록 되어 있기 때문에 펌프 주변 계통은 설계의도대로 동작되고 있다고 판단된다.

5.3.2 환수측 정수두 제어설비

냉수 공급 시스템이 변유량 시스템이므로 부하측 유량제어 밸브의 제어에 따라 유량변화에 의한 압력 변화폭이 $2\sim3 \text{kg}_f/\text{cm}^2$ 로 나타났다.

상기와 같은 압력 변화에 따라 그림10에 표시된 계통도에서 밸브 V_1 은 노말오픈(normally open) 상태에서 조정되며 압력센서 P_1

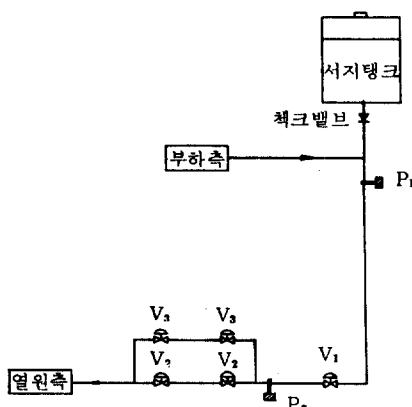


그림 10. 환수측 정수두 제어계통도

에 의해 배관 내부가 항상 만수되도록 조절되고 있었으며 밸브 V_2 는 노말クロ즈(normaly closed) 상태에서 조정되어 압력센서 P_2 에 의하여 밸브 V_2 의 출구압력이 설정치에 적당하도록 동작되고 있었다.

압력센서 P_2 의 위치는 반드시 밸브 V_2 전단에 설치되어야 밸브 동작시에 채터링(chattering) 현상을 방지할 수 있으며 안정된 출구 압력을 유지시킬 수 있었다.

압력센서 P_1 의 압력 설정은 서지탱크의 상한 수위에서 센서까지의 수직높이에 관한 정수두압으로 설정되었으며 이에 따라 항상 관로 내가 만수되어 있었다. 아울러 시스템의 신뢰성을 확보하기 위하여 그림10에 나타난 바와 같이 2개의 압력제어 예비밸브 V_3 로 구성된 예비관로를 준비하고 있었다.

6. 결 론

국내에서 두번째로 완성된 초고층 빌딩인 무역회관에 정수두처리 기법이 빌딩 기계설비에서 최초로 적용되었고 본 학회에서 실시된 TAB 용역과정에서 확인되어 이 시스템을 소개한다.

이 시스템은 빌딩의 전체 기계설비 시스템의 안정성측면에서 다소 염려가 되었으나 각종 기기의 성능 향상과 제어기술의 발달에 힘입어 충분한 제어성능을 발휘하고 있다. 따라서 금후 설계시 경제적인 측면과 에너지 절약이란 차원에서 이 시스템이 널리 채용되기 바란다.