

초고층아파트 최적 설비시스템 개발

급수설비시스템 개발을 중심으로

요 지

본 연구는 “초고층 아파트 최적 설비시스템 개발”의 제 2차년도 연구로서 아직까지 국내에서 확립되어 있지 않은 초고층 아파트 급수설비 시스템 및 수격방지 시스템의 모델정립과 연돌효과에 의한 열손실 추정 및 적정 설계 지침 설정에 관한 연구를 수행하였다. 이를 위하여 이론 해석 및 현장실험을 수행하였고, 결과분석을 통하여 최적화 설계방안도 아울러 도출하였다.

급수설비 분야에서는 각종 급수 시스템의 해석 및 비교를 통한 효율적인 시스템의 설계 및 선정방법을 제시하였고, 실제 초고층 아파트에 대한 수격현상 해석 및 실험을 통하여 수격작용의 영향을 감소시킬 수 있는 설계방안을 검토하였다. 또 입주중인 초고층 아파트 현장에서의 실측을 통하여 건물의 높이에 따라 불균일한 틈새가 있는 일반적인 경우에 대한 모델을 정립하였고, 수치해석을 통한 수직통로 내의 실제 열유동 현상을 정량화하고 설계지침을 제시하였다.

결과로서 각종 급수시스템의 해석을 위한 프로그램을 개발하였고, 수격의 발생을 억제하기 위한 최적 밸브 폐쇄형태를 제시하였으며, 초고층 건물의 내외부에 형성되는 압력차와 유인풍량 및 열손실량 사이의 관계식을 얻었다.

1. 서론

주택성능의 고도화에 대한 수요증가 및 국토의 효율적 이용의 측면에서 초고층 아파트 단지의 건설을 국가정책으로 추진하고 있으나, 초고층 아파트 설비시스템의 설계기법이 확립되어 있지 않아 쾌적한 주거환경의 조성은 물론, 건설산업 노동 집약화에서의 탈피에도 많은 어려움을 겪고 있다.

또한 생활수준의 향상 및 3D 기피현상에 따른 기능인력의 부족과 인건비 및 원자재비의 상승에 대처하기 위하여도 건물에서의 설비시스템 설계, 제조, 시공 및 운전 등에 관한 기술의 개발은 사회적으로 필수적인 사항이 되고 있다.

선진 외국에서는 우리보다 먼저 초고층 건물 설비시스템 개발의 필요성을 인식하고, 공공연구기관을 중심으로 체계적인 연구를 통하여 기술개발에 노력한 결과, 설비시스템의 최적화에 따른 초기 투자비 및 운전비의 절감에 따른 에

너지 절약을 유도하는 등, 개발된 기술을 초고층 건물의 건설에 널리 이용하고 있다.

국내의 경우에는 15층 이하 아파트 건물의 설비시스템 기술은 어느 정도 정착단계에 있으나, 아직 초고층 아파트 설비시스템에 대한 연구, 개발을 체계적으로 수행한 실적은 없고, 설비시스템 관련 기술은 선진국에 비해 크게 낙후되어 있는 실정이다. 그러나 근래에 들어 추진된 200만호 주택건설 등에 힘입어 이에 대한 관심이 한층 고조되고 있고, 양질의 저렴주택 보급 및 건설업 대외개방에의 대비를 위하여 우리 실정에 맞는 초고층 아파트 설비시스템의 최적모델 정립 및 관련 기술의 개발을 위한 체계적인 연구 수행이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

본 연구는 초고층 아파트 설비시스템의 효율 향상은 물론 공사비 절감, 품질향상, 공기단축 등의 효과를 통해 양질의 저렴주택 기술개발에 기여하고 건설업의 대외개방에 대비한 국제경쟁력을 고취시키는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 2차년도에서는 효율적 급수시스템의 설계 및 운전방법, 수격현상 및 연돌효과 최소한 방안 등을 검토한다.

2. 급수시스템의 모델 정립

급수시스템이란 사용자가 필요한 만큼의 유량을 가능한 한 시간적, 공간적으로 일정한 수압이 유지되도록 하는 장치를 말한다. 따라서 급수시스템의 설계 및 장치시에는 이러한 효과가 충분히 만족되어야 함은 물론, 장치의 크기가 필요한 이들의 구동에 필요한 에너지의 투입이 최소화되도록 하여야 한다. 이를 위하여 펌프, 가압탱크 및 급수배관망이 최적화 되어야 하고, 높은 효율의 장치를 효과적으로 운전하는 방법에 대한 연구는 필수적이라 하겠다.

본 절에서는 급수시스템의 설계시에 효과적인 급수방식의 선택과 그에 따른 각 요소들의 최적화 및 효율적인 운전방법의 설정을 위한 수치해석 및 실험을 수행하고, 각종 파라미터의 변화에 따른 운전패턴 및 에너지소비율 등의 변화를 고찰함으로써 최적 급수시스템의 설계 및 운전에 필요한 자료를 제공하고자 한다.

2.1 급수시스템의 이론해석

해석시에는 시스템을 구성하고 있는 각 요소에 대한 계산을 수행한다.

먼저 급수펌프의 해석시에 설정된 가정은 다음과 같다.

1. 펌프의 특성은 잘 알려져 있어 해석시에 도표나 관계식을 이용할 수 있다.
2. 관로 및 밸브에서의 손실을 무시한다.
3. 펌프 출구에서의 유체 압력은 가압탱크 입구 및 내부에서의 공기 압력과 같다.

펌프는 급수시스템의 가장 중요한 요소로서, 무차원화된 데이터로부터 계산에 의하여 계산하거나, 성능곡선 또는 실측값으로부터 압력, 유량 및 회전수의 관계식을 얻는다. 본 연구에서는 실측한 압력, 유량 및 회전수의 데이터에 의하여 필요한 값을 얻는 방법을 택하였다.

가압 탱크의 해석시에 설정한 가정은 다음과 같다.

1. 가압탱크 입구 및 내부에서의 공기 압력은 펌프 출구에서의 유체 압력과 같다.
2. 가압탱크 출구의 압력은 항압밸브에 의하여 일정한 압력으로 유지된다.
3. 가압탱크 출구에서의 유량 수요 패턴은 알려져 있다.
4. 가압탱크 내의 공기는 이상기체와 같이 거동한다.
5. 공기의 압축 및 팽창과정은 Polytropic 과정이다.
6. 가압탱크 내의 공기는 액체에 용해되지 않는다.

앞에서 계산된 펌프로부터의 유량 및 가압탱크로부터 사용자로 공급되는 유량을 알고, 각 시간단계에서 가압탱크의 상태는 다음과 같이 구할 수 있다.

시간단계 Δt 동안에 상태 1로부터 상태 2까지 변화를 겪을 때 상태 2에서의 탱크 내 공기의 체적은 다음과 같다.

$$(V_{air})_2 = (V_{air})_1 - dQ \Delta t$$

또한

$$P_1 \cdot v_1^n = P_2 \cdot v_2^n$$

으로부터 상태 2에서의 탱크 내 공기의 압력은

다음과 같다.

$$P_2 = P_1 \left[\frac{v_1}{v_2} \right]^\eta$$

$$= P_1 \left[\frac{v_1}{v_1 - dQ \Delta t} \right]^\eta$$

위의 계산 결과로부터 시간단계 말기에서의 압력이 설정 최고 압력보다 높을 경우에는 펌프의 운전이 정지되고, 시간단계 말기에서의 압력이 설정 최저 압력보다 낮은 경우에는 펌프의 운전을 개시한다.

이상과 같은 해석모델 및 해석방법을 사용하여 다음과 같은 순서에 의하여 계산을 수행한다.

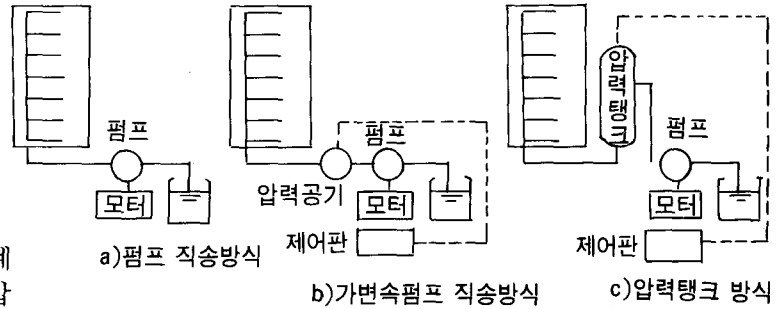
1. 초기값 및 입력 데이터를 읽어들인다. 즉, 시간단계, 최대시간, 최대 최소 허용압력, 펌프 데이터, 탱크 데이터 및 각종의 상수 등을 설정한다.
2. 펌프가 운전중이면 펌프의 회전속도를 결정하고, 이에 따라서 펌프로부터의 유량을 계산한다.
3. 펌프가 운전 중인 경우에 그 시간단계 동안의 에너지소비량을 계산한다.
4. 시간에 따른 급수패턴에 의하여 수요자로부터의 필요급수량을 결정한다.
5. 유출 및 유입 유량에 의하여 가압탱크의 상태 즉, 유체와 공기의 체적 및 압력 등을 계산한다.
6. 시간단계를 증가시켜 설정 최대 시간까지 2-5의 계산 과정을 반복한다.

2.2 현장실험

급수방식별 실험 수행 대상모델이 <그림 1>에 나타나 있다.

<그림 1>의 a)는 수용가의 사용 급수량을 펌프의 정속운전에 의해 직접 급수하는 펌프 직송방식이며, 그림 1의 b)는 사용 급수량에 따라 펌프를 가변속 운전하기 위한 압력의 검출을 위하여 관로상에 소형의 압력탱크를 설치한 모델이다.

<그림 1>의 c)는 대용량의 압력탱크를 설치



<그림 1> 급수방식별 실험 수행 모델

하여 펌프를 정속운전하고 급수량의 일부를 압력탱크 내에 저장하는 방식으로 수용가에서 물을 사용함에 따라 압력탱크 내의 수위와 압력은 낮아지나 압력탱크 내의 압력이 설정치(펌프 기동압력)에 도달할 때까지 펌프는 정지해 있다.

물의 사용이 계속되어 탱크 내의 압력이 펌프 기동압력에 도달하면 펌프는 자동운전되며 수용가의 물 사용이 중단되더라도 설정치에 도달할 때까지 펌프는 운전을 계속하게 된다.

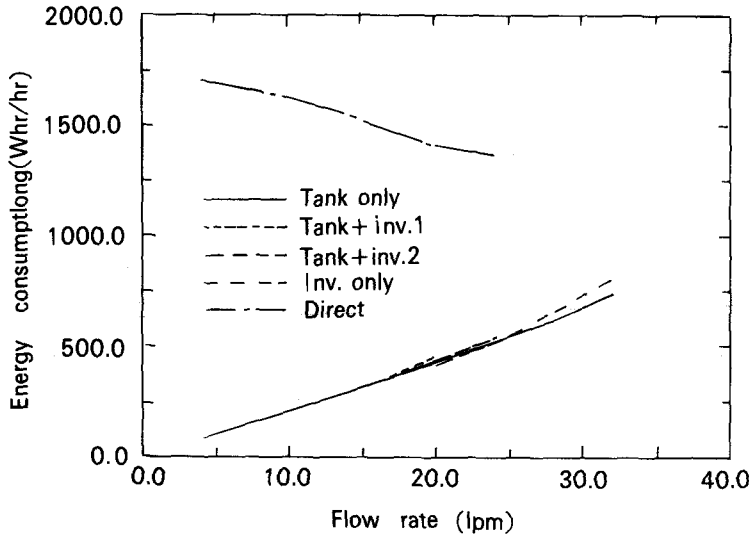
이들 급수방식들은 설계된 회전수로 펌프를 운전하는 정속운전방식과 인버터를 적용하여 펌프를 가변속운전하는 가변방식으로 대별할 수 있으며, 각 방식에 대한 실험결과를 비교, 분석하고자 한다.

실험시에는 실험장치에서 동일 급수조건하에서 운전패턴의 변화에 따른 압력 및 유량은 물론, 에너지 소비율 및 펌프 운전시간 등의 변화를 측정하였다. 운전 패턴에 대한 파라미터로는 가압탱크내의 압력 제어 범위 및 펌프 회전수 변화 범위를 선정하였다.

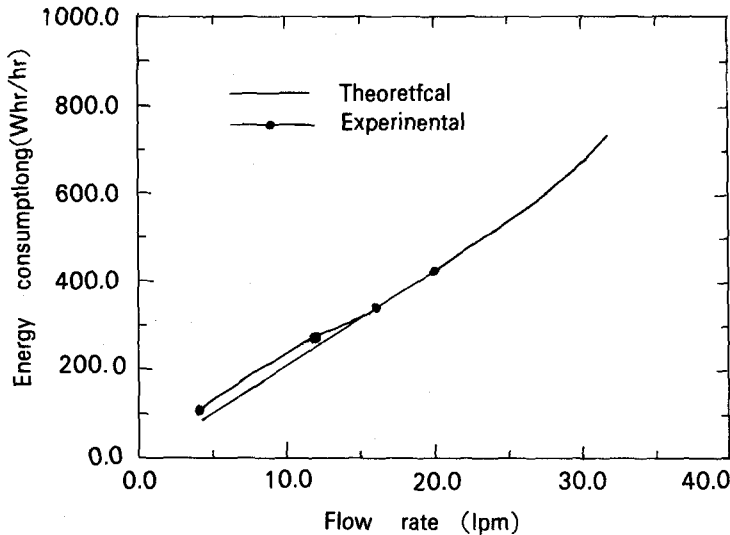
2.3 결과 및 고찰

효율적인 급수시스템의 설계 및 운전에 필요한 자료를 얻기 위하여 시스템에 대한 모델을 설정한 후 계산을 수행하였고, 이에 의하여 여러 가지 급수방식에 대한 계산을 실행하였다. 또한 각종 파라미터의 변화에 따른 급수시스템의 성능인자의 변화를 고찰하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

<그림 2>는 각종의 급수방식에 대한 계산 결과를 각 유량 및 에너지소비율에 대하여 도시한 것이다. 급수방식의 종류로는 펌프와 가압탱크로



〈그림 2〉각종의 급수방식에 대한 계산 결과 비교



〈그림 3〉가압탱크방식 계산결과와의 비교, 검증

구성되는 가압탱크 방식(Method 1), 가압탱크 방식에 인버터를 적용한 방식 (Method 2,3), 인버터에 의한 펌프 회전속도 제어방식 (Method 4) 및 펌프와 밸브만으로 구성되는 펌프 직송 방식(Method 5)으로 대별하였다.

고찰을 통하여 소요 유량의 범위에 따라서 가압탱크 방식과 인버터에 의한 펌프 회전속도 제어방식을 혼합하여 각각의 장점을 이요함으

로써 보다 고효율의 급수시스템의 석계가 가능할 것으로 예상된다.

〈그림 3〉은 가압탱크 방식의 각 유량 및 에너지소비율에 대하여 계산치를 실험치와 비교, 도시한 것이다.

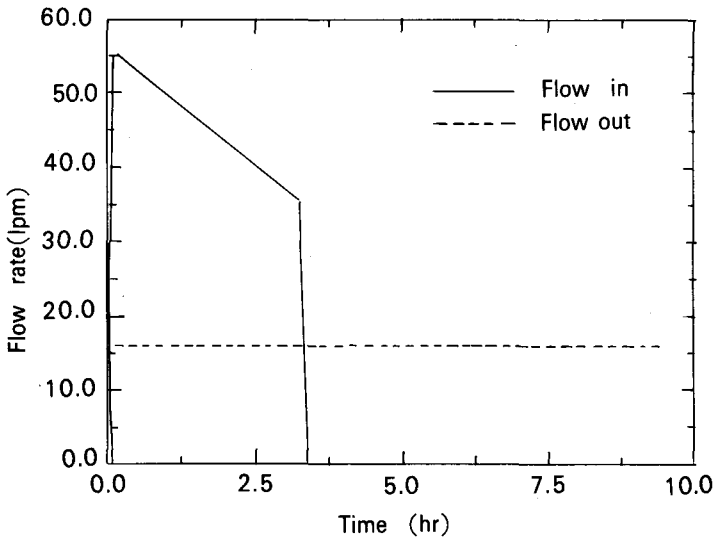
계산치는 실험치에 대하여 큰 오차없이 비교적 근사한 값을 가짐을 볼 수 있다. 따라서 이러한 계산방법 및 결과들은 상당한 정확도를 가지고 급수시스템의 해석시에 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

〈그림 4〉는 가압탱크로의 유체 유입량 및 유출량의 시간에 따른 변화를 도시한 것으로, 탱크로부터의 유출량은 수요 패턴이 일정한 것으로 가정하였기 때문에 시간에 따라 변화가 없고, 탱크로의 유입량은 펌프의 운전개시점에서의 값이 가장 크고 시간의 증가에 따라 가압탱크내 압력이 상승 함으로써 펌프 정지시까지 거의 선형적으로 감소함을 볼 수 있다.

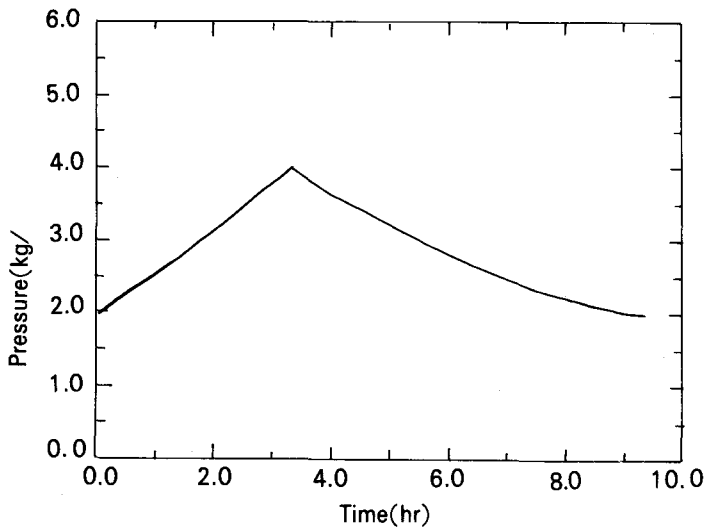
〈그림 5〉는 시간의 증가에 따른 가압탱크내 압력의 변화를 도시한 것으로, 펌프의 운전개시 점으로부터 시간의 증가에 따라 압력이 상승하여 허용 최고 압력에 도달 한 후, 펌프의 운전이 정지된 후에는 가압탱크내 수량 감소로 인하여 시간의 증가에 따라 압력이 감소함을 볼 수 있다.

〈그림 6〉은 가압탱크 내 유체 및 공기가 차지하는 체적을 시간의 증가에 따라 도시한 것이다. 시간의 증가에 따른 유체의 체적은 가압탱크 내의 압력선도에서와 같은 경향을 보이며, 공기의 체적은 정반대의 경향을 보여주고 있다.

〈그림 7〉은 시간의 변화에 따른 펌프에서의



〈그림 4〉가압탱크 입출구에서의 유량 변화



〈그림 5〉가압탱크 내의 시간에 따른 압력의 변화

에너지소비량 선도로써, 펌프의 운전시 전력소비량은 시간의 증가에 따라 거의 선형적으로 증가함을 알 수 있다.

이상의 결과는 표준 모델에 대한 하나의 예에 불과하며 고려하고 있는 급수시스템의 거동 및 성능을 예측하기 위하여 본 프로그램을 사용할 수 있음을 보여준다.

시스템의 최적화에 필요한 자료를 얻기 위하여

다음과 같은 파라미터들의 변화에 따른 성능인자의 변화를 고찰하였다.

- 1) 가압탱크 체적의 변화
- 2) 공기 체적비의 변화
- 3) 펌프 회전속도의 변화
- 4) 압력변화 범위대의 변화

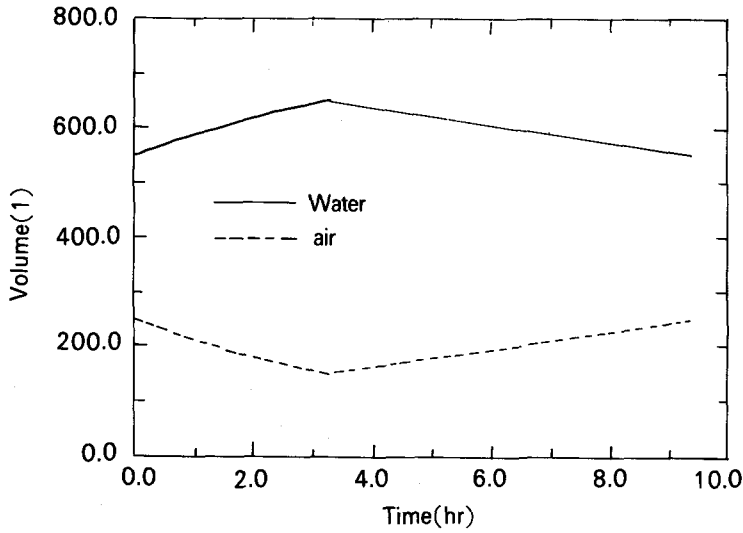
3. 수격방지 시스템의 모델 정립

배관내의 유체유동의 급격한 변화로 인하여 유체의 운동에너지가 압력에너지로 변화하면서 수격압을 발생시킨다. 관로의 길이가 길수록 유체의 운동에너지의 변화가 심하여 수격압은 크게 나타난다. 이 수격현상으로 인하여 배관의 진동과 소음이 발생하며 심한 경우 배관이나 부속기기가 파손되는 등 배관계 전체 시스템의 내구연한이 감소된다. 점차 건축물이 고층화, 대형화되고 있는 상황에서 수격현상에 의한 피해는 매우 심각해지고 있고, 특히 초고층 아파트에서의 소음과 진동 문제는 더 이상 방치해서는 안될 수준에 달하고 있어 수격현상에 관한 보다 근본적인 이해와 아울러 수치해석 및 실험을 통한 방지대책이 강구되어야 한다.

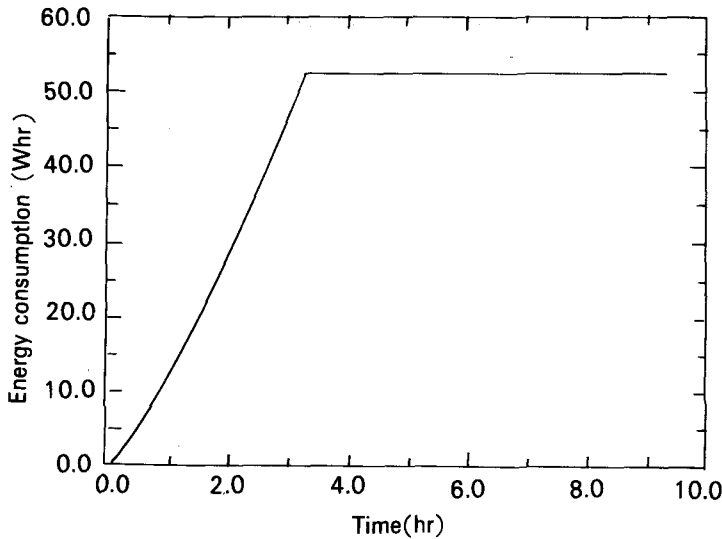
본 연구에서는 수격에 관한 실험결과를 분석함으로써 수격방지를 위한 여러가지의 방안들이 검토되었으며 특히 밸브폐쇄형태의 최적화를 통한 수격압의 최소화가 용이하게 적용될 수 있다는 데에 착안하여 밸브폐쇄곡선에 따른 수격현상의 수치해석이 수행하였다.

3.1 수격현상의 이론해석

관로내의 수격현상 해석을 위한 지배방정식은 다음과 같은 운동량 방정식 및 연속방정식이다.

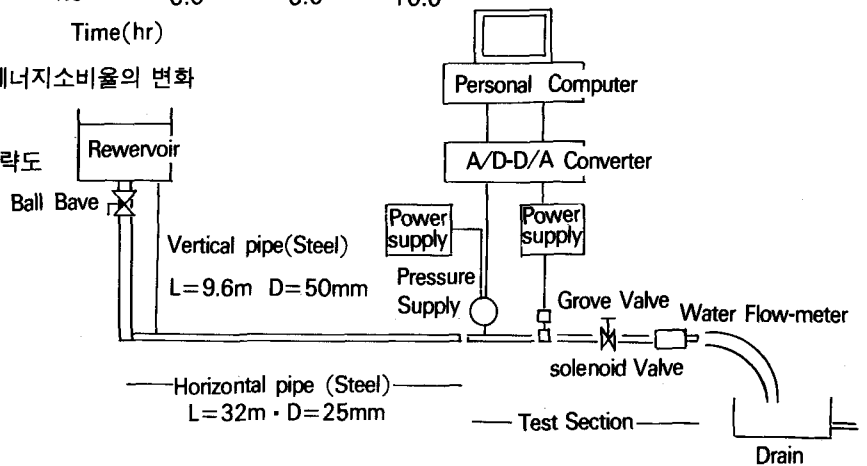


〈그림 6〉가압탱크 내에서의 유체 및 공기의 체적 변화



〈그림 7〉시간변화에 따른 에너지소비율의 변화

〈그림 8〉실험장치의 개략도



$$\lambda_1 = \frac{\partial V}{\partial T} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial P} + g \sin \theta \div$$

$$f \frac{V_1 V_1}{2D} = 0$$

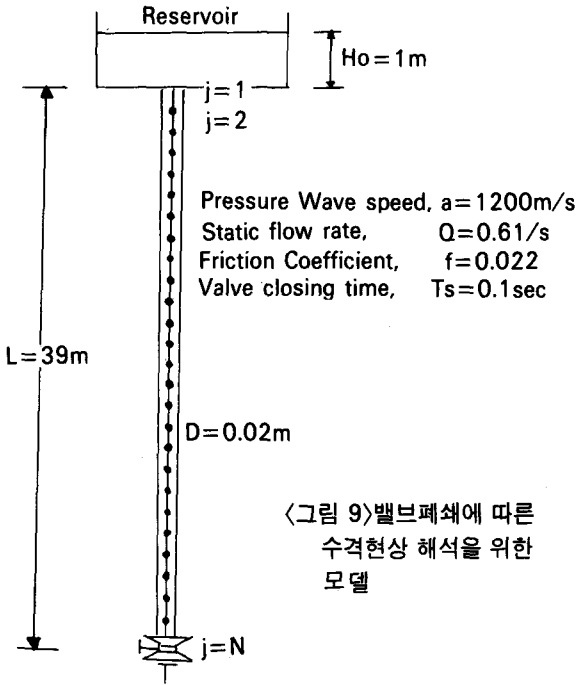
$$\lambda_2 = \frac{\partial P}{\partial T} + \rho a_p^2 \frac{\partial V}{\partial X} = 0$$

위 방정식을 특성곡선법(Method of Characteristics)에 의하여 상미분방정식으로 변환한 후, 유한차분법에 의하여 적절한 초기 및 경계 조건을 사용하여 수치해석한다.

3.2 현장실험

개발된 아파트 배관내 수격현상에 대한 수치해석 프로그램의 검증을 위하여 단순화되고 이상적인 배관형태로 제작된 실험장치의 개략도가 〈그림 8〉에 주어졌다.

주요 측정 항목은 유량과 압력이고, 동작형태가 각기 다른 밸브를 급작 개폐하여 관로내에 일시적으로 발생하는 압력상승분(수격압)을 디지털 멀티미터와 컴퓨터를 이용하여 그에 상당하는 데이터(단위; mV)로 획득하는 것이다.



〈그림 9〉밸브폐쇄에 따른 수격현상 해석을 위한 모델

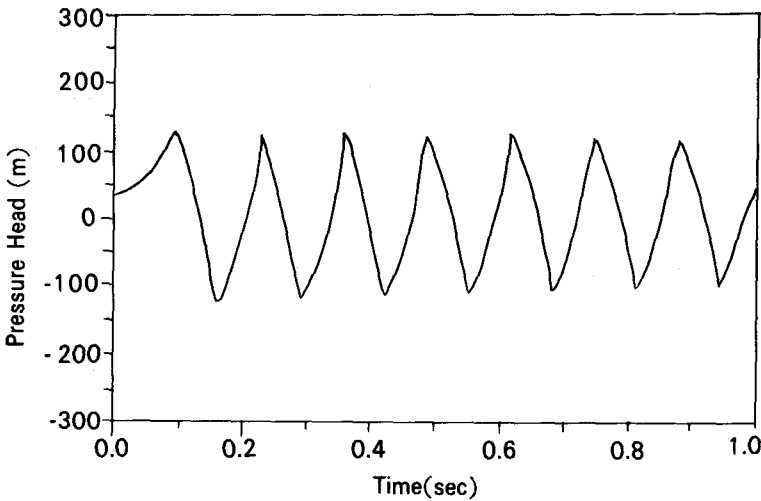
완전히 개방하여 관로내 유동이 정상상태가 되게 한 다음, 유량조절밸브를 조절하여 해당 유량으로 맞춘 후, 동작밸브를 동작시켜 관로내에 밸브의 급폐쇄를 유발한다. 이때 발생하는 데이터를 읽어서 파일에 저장한다.

3.3 결과 및 고찰

밸브 폐쇄형태에 따른 최대수격압에 미치는 영향을 고려하기 위하여 〈그림 9〉와 같은 단순화된 관로에 대하여 수치해석을 수행하였다.

정상상태 유량이 0.61 l/s이고 밸브폐쇄가 0.1초동안 직선적으로 이루어질 때 밸브 부근에서 수격압 파형 계산 결과를 〈그림 10〉에 도시하였다. 밸브의 급작스런 폐쇄에 의한 수격파의 발생과 관로를 따라서의 왕복함을 관찰할 수 있다.

동일한 폐쇄시간에 대하여 다른 폐쇄곡선이 $\tau(t) = (1-t/T)^n$ 의 형태로 주어질 때 여러가지의 n값에 대한 최대 수격압을 비교한 결과를 〈그림 11〉에 도시하였다.



〈그림 10〉단순 직선폐쇄시 수격압의 변화

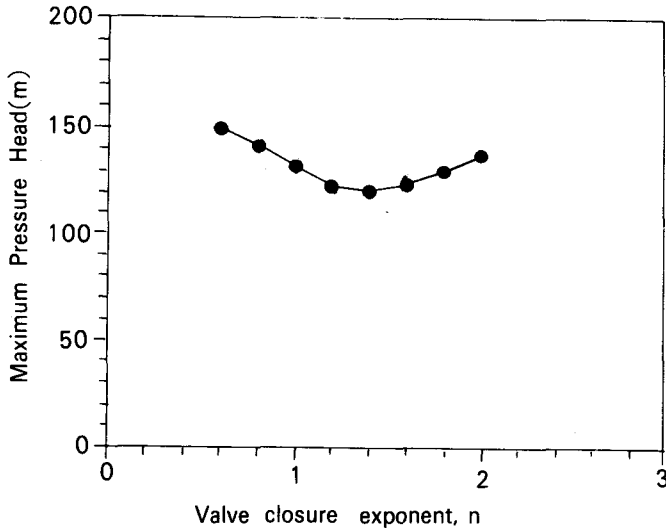
따라서 본 실험에서는 동작밸브의 개폐속도에 따라 발생하는 압력의 변화를 일정 유량 변화에 따라 여러가지 방법으로 측정하였다. 동작유체로는 15°C의 물을 사용하였다.

실험시에는 계측장비부의 유량조절밸브를

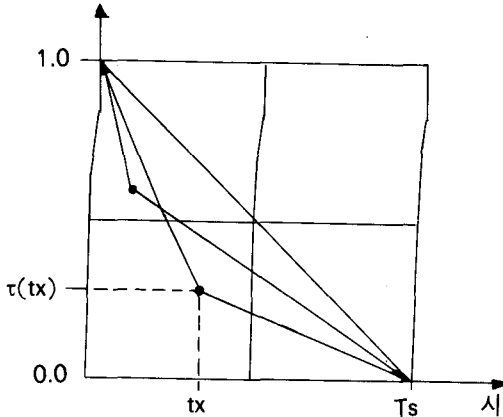
n=1.4부근에서 최소의 수격압이 주어짐을 볼 수 있고, n이 1보다 작은 경우에는 최대 수격압이 폐쇄가 마무리되는 시각에 발생하며, n이 1.2보다 큰경우의 폐쇄곡선에 대해서는 최대 수격압이 폐쇄도중에 발생한다. n값이 커질수록 최대수격압 발생시각이 앞당겨진다.

보다 단순한 밸브 폐쇄 곡선을 이용하여 최대 수격압을 최소화하기 위하여 〈그림 12〉에서와 같이 2단 직선 밸브 폐쇄를 고려할 수 있다. 밸브 폐쇄는 2단계로 이루어지며 각 단계에서 다른 속도의 직선 폐쇄가 이루어진다. 첫번째 단계가 끝나는 시각, t_1 와 그 시각에서의 무차원 밸브 폐쇄, $\tau(t_1)$ 에 대하여 각각 최대 수격압을 구하여 비교하여 볼 수 있다.

〈그림 13〉은 유량에 따른 솔레노이드 밸브



〈그림 11〉밸브 폐쇄지수에 따른 최대 수격압



〈그림 12〉직선 2단 폐쇄 모델

폐쇄시의 최고 및 최저 수격압을 도시한 것이다. 최고 수격압은 유량이 증가함에 따라 증가하고, 최저 수격압은 유량이 증가함에 따라 점차 감소하여 물의 온도에서의 절대 수증기압에 접근함을 볼 수 있다.

Ball 밸브의 폐쇄에 따른 최고 수격압과 최저 수격압이 〈그림 14〉에 유량변화와 밸브 폐쇄 속도에 따라 그려져 있다.

폐쇄속도는 0.1, 0.5 및 1초의 3단

계로 나누어 수행하였다.

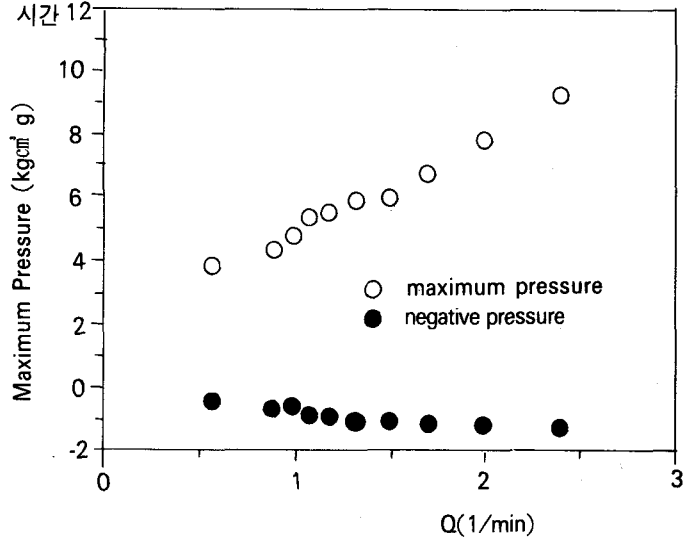
One-touch 밸브(Sink Faucet Combination Valve)의 개폐에 의한 수격과형도 그 절대값 만이 다른 Ball 밸브나 솔레노이드밸브의 수격과형과 대동소이하였다. 〈그림15〉에 One-touch 밸브의 개폐에 의한 수격과형을 도시하였다.

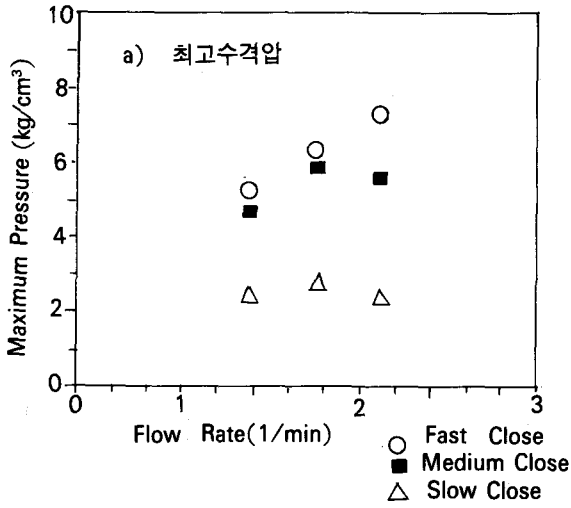
4. 연돌효과에 의한 열손실 대책연구

아파트의 같은 고층 건물에는 계단이나 엘리베이터 등의 각종 수직 통로가 적용되고 있어서 동절기 과잉 통풍으로 인한 냉·난방에너지의 손실은 물론, 오염물질의 실내인입으로 인한 위생문제들이 노출되고 있으므로, 이에 대한 정확한 이해와 적절한 설계방안의 제시가 절실히 요구된다.

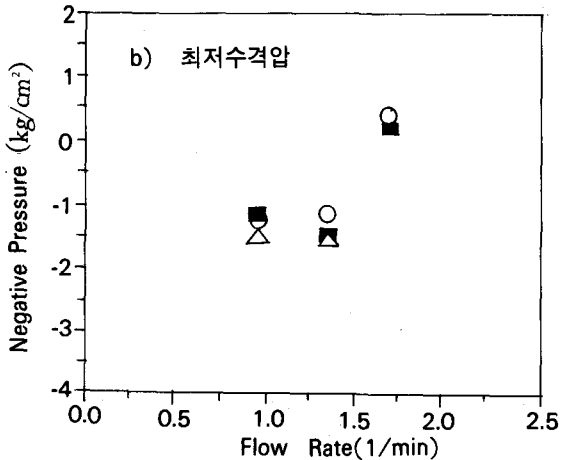
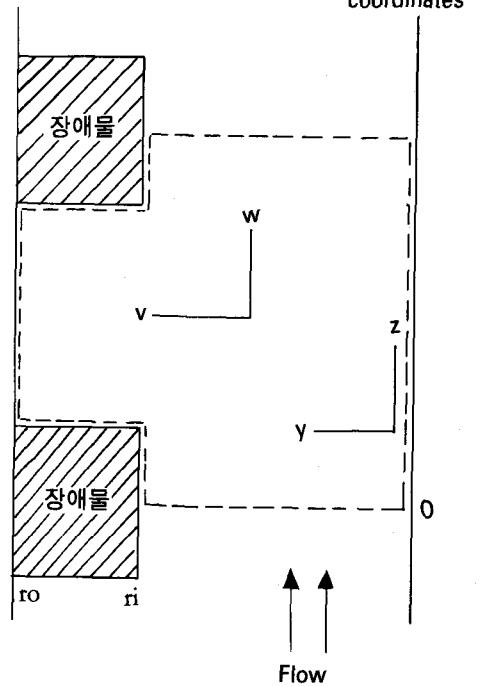
본 연구에서는 초고층 아파트의 공동연구에서의 연돌효과에 의한 건물 에너지 손실을 최소화하기 위한 목적으로, 동절기 및 하절기의 초고층 건물내 흡인풍 유인 현상을 해석하고, 그 결과를 현장실측에 의하여 검증한 후, 최적 설계방안을 수립, 제시한다.

〈그림 13〉솔레노이드 밸브 폐쇄시 유량변화에 따른 최고 및 최저 수격압

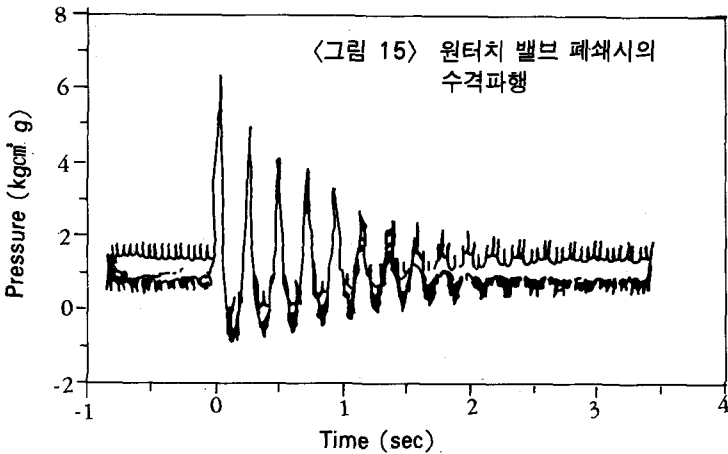




<그림 16> 수치계산의 영역과 좌표계



<그림 14> 볼 밸브 폐쇄시 밸브 폐쇄속도 및 유량 변화에 따른 최고 및 최저 수격압



4.1 연돌효과 분석을 위한 이론해석

본연구에서는 정량적인 해석을 위하여 2차원 모델을 제안하고 상용화된 대형 패키지에 의한 계산을 시도하였다. 수학적 모델의 설정시 가정은 다음과 같다.

1. 규칙적으로 반복되는 기하학적 형태의 특성 때문에 종속변수의 변화가 의사확립된 (Quasi-Fully Developed) 상태로 가정될 수 있다.
2. 건물내부의 부력형성과 상하부 출입구의 크기에 따라 유동의 조건이 자발적으로 형성된다.
3. 공기의 흐름은 이상기체의 2차원 정상 유동이다.
4. 경계면은 등온이다.
5. 교환계수 (Exchange Coefficient, $\mu, k/c_p$)는 0.7승 법칙을 따른다.

본 연구의 경우와 같은 의사확립 상태에서는 속도 및 온도의 매우 주기적인 패턴이 예상되므로, 한 개층을 하나의 유동모듈로 간주하고 다만 하나의 층과 최상층의 경계조건만을 최종적으로 매칭시키는 방법을 사용한다. 중간층의 1개 모듈에 대한 좌표계와 계산영역이 <그림16>에 제시되어 있다.

수직통로의 합리적인 2차원화를 위하여 등가 반경을 $r = (x \cdot y / \pi)^{1/2}$ 와 같이 정의하고 상응하는 원통좌표계를 도입하였다. 여기서 x 및 y는 유동통로의 수평모서리길이를 나타낸다. 등가 반경은 단면적 등가를 택하였으며 벽면적의 변화는 벽면 형태를 가정하여 실측치와 대비하여 보정한 다.

지배방정식의 일반형은 다음과 같다.

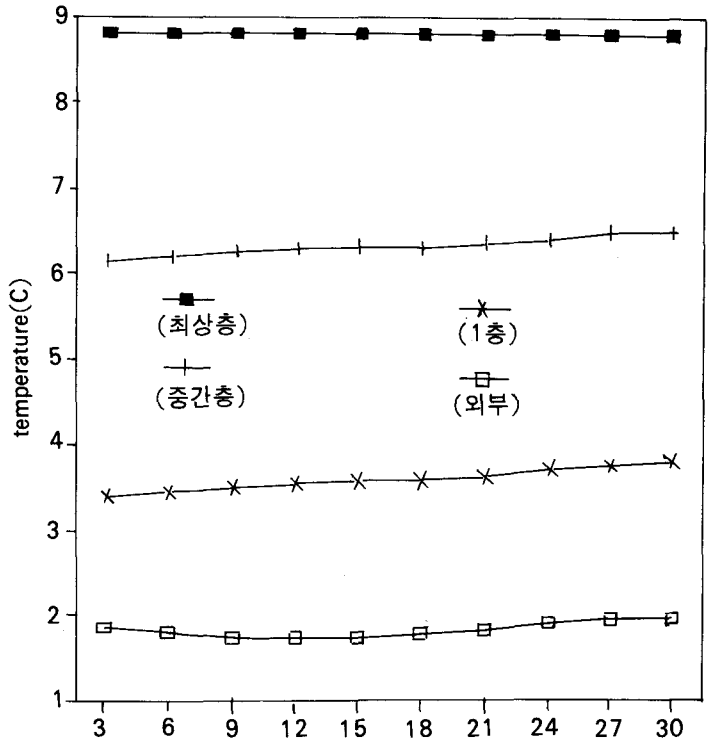
$$\rho v \cdot \Delta \Phi = \Gamma(\Delta \cdot \Phi) + S$$

입구 및 출구의 속도분포, 온도 분포 및 압력분포와 벽면과 대칭 경계면에서의 적절한 경계조건 및 초기조건등을 사용하여 윗 식을 수치해석한다.

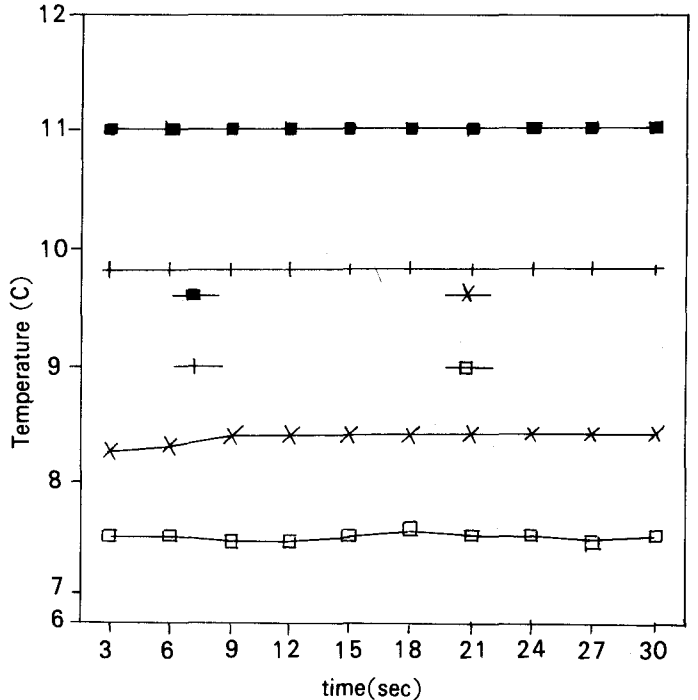
이를 위하여 범용 열유체공학 해석용 프로 그램인 PHOENICS를 사용하였다. 이 프로그램은 유한체적방법의 알고리즘을 채용하고 있다.

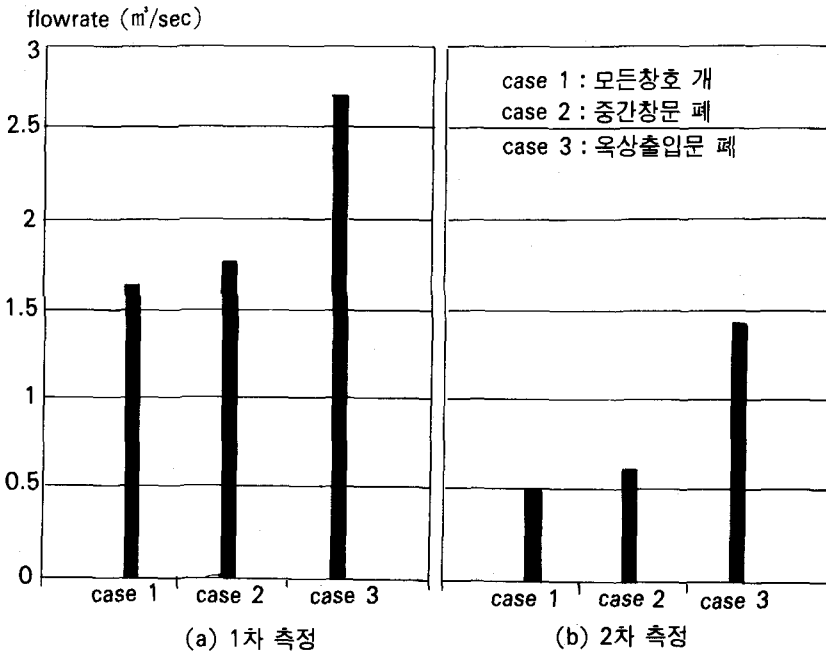
4.2 현장실험

실제 건축물에 대한 연돌효과에 관한 자료 취득과 이를 통한 이론모델의 타당성 검증을 위하여 서울 시내 초고층 아파트 중 2개소에서 실측을 수행하였다. 온도 및 유속은 각각의 현장측정용 Probe 및 Signal Processor로 감지

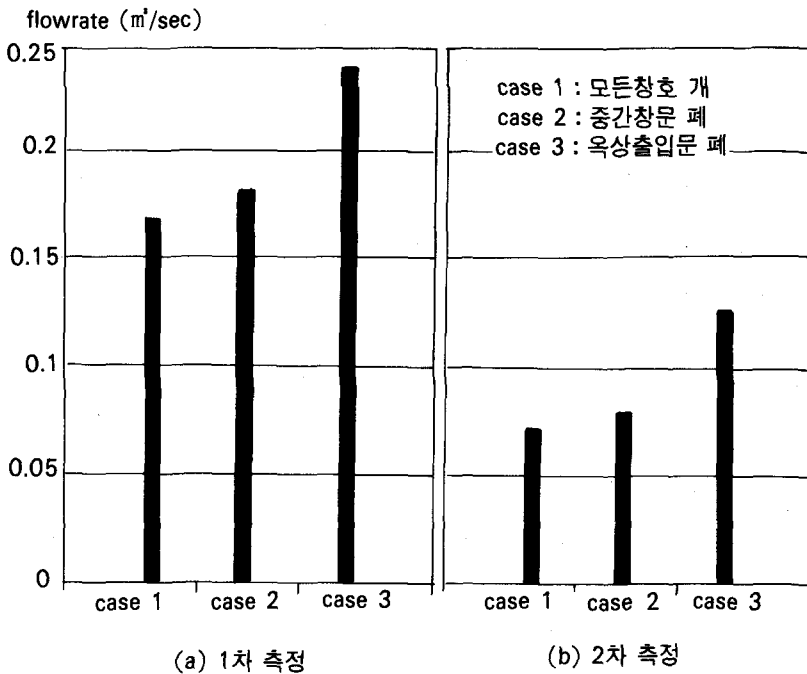


<그림 17> 건물 위치별 온도변화 실측 결과, 1차
<그림 18> 건물 위치별 온도변화 실측 결과, 2차





〈그림 19〉흡인풍량의 실측 결과, 1층 출입문 개방시



〈그림 20〉흡인풍량의 실측 결과, 1층 출입문 폐쇄시

되어 신호가 전송되며 Portable Logger에 입력된 자료는 실험실에서 PC에 전송되어 처리된다.

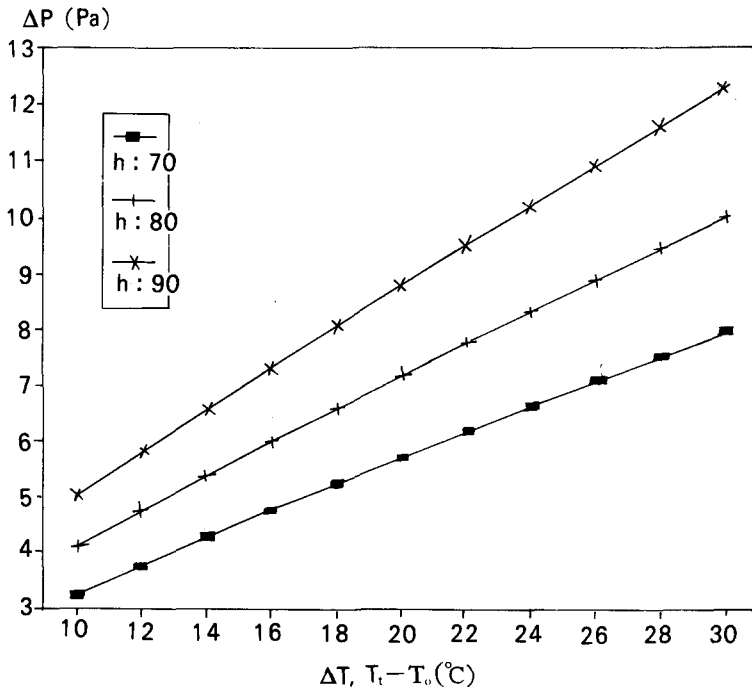
4.3 결과 및 고찰

〈그림 17 및 18〉에는 건물위치별로 2차에 걸친 측정 온도를 나타내었으며, 1층 출입문의 틈새 바람의 풍속을 근거로 계산한 유인 풍량은 〈그림 19 및 20〉에 나타내었다. 1차 및 2차 측정시의 외기 온도는 각각 1.8°C 및 7.7°C, 중간층을 기준으로한 실내 온도는 각각 6.3°C 및 10.7°C였다.

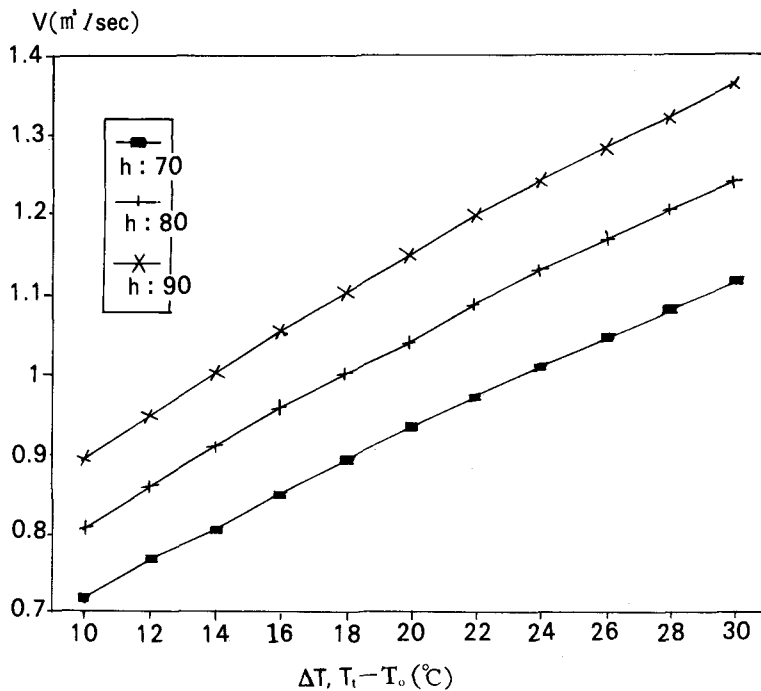
외기온도에 따른 흡인풍량 및 온도 분포의 편차가 매우 큼을 볼 수 있다.

유인풍량의 경우에도 외기온도에 따른 편차가 매우 큼을 볼 수 있으며, 특히 상층부 창호보다 1층 출입구의 기밀정도가 매우 중요한 역할을 하고 있음을 볼 수 있다.

계산결과로써는 각각의 건물 형태와 기후환경에 대하여 건물 높이 H, 건물 내외부 온도차 ΔT 등을 파라미터로 변화시키며 지면에서의 건물 내외부 압력차 ΔP (Pa), 수직통로 내의 유인풍량 V (m³/s) 그리고 건물로부터의 열손



〈그림 21〉 건물 내외부 온도차 및 건물 높이의 변화에 따른 지면에서의 건물 내외부 압력차의 변화



〈그림 22〉 건물 내외부 온도차 및 건물 높이의 변화에 따른 유인풍량의 변화

실량 Q (J/s) 등을 고찰하였다.

〈그림 21〉은 ΔT 및 H 의 변화에 따른 내외부 압력차 ΔP 의 변화를 도시한 것이다. 온도차가 클수록, 건물의 높이가 높을수록 내외부 압력차가 증가함을 볼 수 있고, 최소자승법에 의하여 분석한 결과, $\Delta P \sim (\Delta T)^{0.82}$ 및 $\Delta P \sim H^{1.72}$ 의 관계를,

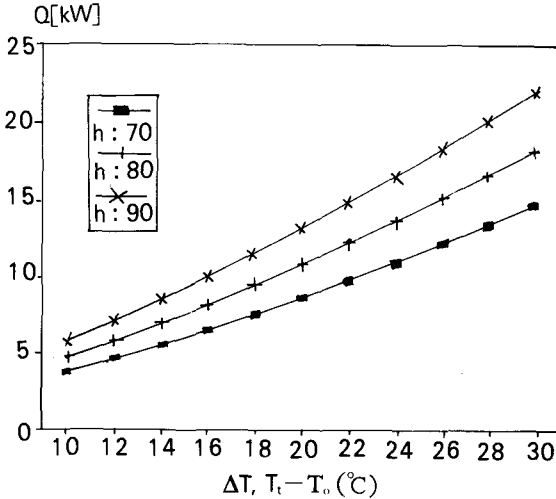
〈그림 22〉는 ΔT 및 H 의 변화에 따른 유인 풍량 V 의 변화를 도시한 것이다. 유인풍량은 내외부 압력차의 0.49승에 따라 변하는 것으로 분석되었으며 $(\Delta T)^{0.49}$ 및 H 의 함수 관계를 보였다.

또한 이 관계는 이론적으로 예상되는 풍량 $\sim (\Delta P)^{0.5}$ 와 매우 근접한 것이다.

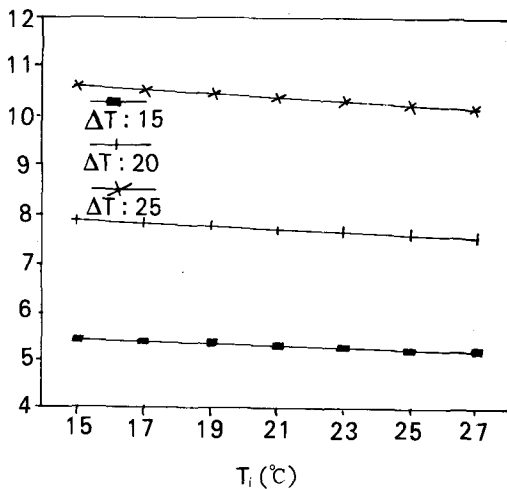
〈그림 23〉은 ΔT 및 H 의 변화에 따른 건물열손실량 Q 의 변화를 도시한 것이다. 건물의 열손실량은 ΔT 와 H 가 증가함에 따라 급격히 증가하며, 이는 풍량증가와 온도차 증가의 상승효과로 보여진다. 즉 같은 기밀조건과 크기의 수직통로에서 고층화에 의하여 열손실이 가속화되는 것을 알 수 있다. 최소자승법으로 파악한 함수관계는 $(\Delta T)^{1.30}$ 및 $H^{1.61}$ 로 나타났다.

〈그림 24〉에는 실내온도의 변화에 따른 건물열손실량 Q 의 변화를 도시한 것으로, ΔT 의 변화에 따라서는 큰 차이가 있으나 실내온도의 변화에 대한 영향은 거의 무시될 수 있음을 보여준다.

이상의 고찰로부터 얻은 관계식(SI unit)은 다음과 같다.



〈그림 23〉 건물 내외부 온도차 및 건물 높이의 변화에 따른 건물에서의 열손실량의 변화



〈그림 24〉 실내온도의 변화에 따른 건물 열손실량의 변화

$$\Delta P = (3.27 \times 10^{-4}) (\Delta T)^{0.82} H^{1.72}$$

$$V = (1.31 \times 10^{-4}) (\Delta T)^{0.40} H^{0.84}$$

$$Q = (0.194) (\Delta T)^{1.30} H^{1.61}$$

위 관계식들은 현재의 아파트 시공자재와 시공기술을 반영한다고 보아 일반적 설계참고 자료로 사용하여도 무방할 것이다. 특히 창호의 정밀자재, 정밀시공을 적용한 경우와 사무용 고층 건물의 경우에는 창호의 기밀계수를 별

도로 측정하고 위 관계식의 계수부분에 수정을 가하여야 한다. 기밀계수를 크게 하기 위하여는 틈새폭을 좁게 하는 것과 동시에 틈새 유동길이를 크게 하는 것도 중요하므로 자재제작시 유의를 요한다.

5. 결론

이상의 결과고찰로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 본 연구에서 사용된 계산 방법 및 결과들을 상당한 정확도를 가지고 급수시스템의 해석시에 이용될 수 있다.
2. 소요 유량 범위에 따라서 압력탱크 방식과 인버터에 의한 펌프 회전속도 제어방식을 혼합하여 각각의 장점을 이용함으로써 보다 고효율의 급수시스템의 설계가 가능하다.
3. 밸브 폐쇄시간이 가능한 길도록 밸브를 설계, 선택하고, 관로의 길이가 최소화되도록 전체 관로망을 설계한다.
4. 밸브의 폐쇄 형태를 조절함으로써 같은 폐쇄시간에 대하여 수격압을 최소화할 수 있다.
5. 주어진 기후에 대하여 건물의 열손실량은 건물의 높이, 내외부 온도차 및 출입구의 기밀정도에 크게 좌우되나, 실내온도 또는 외기온도 자체의 영향 및 통로의 단면적이나 거칠기의 영향은 적다.
6. 주어진 고층 아파트 및 외기에 대하여 건물 내외부에 형성되는 압력차, 유인풍량 및 열손실량 사이의 관계식을 도출하였다.

한국 건설기술 연구원

연구대행자 선임연구원	이 대원
연구원	김 태형
연구원	최 도혁
연구책임자 수석연구원	김 종필