

서울지역의 수도계량기 동파방지방안 연구

김효일, 유통희, 박태준, 오수영, 최영준

서울특별시 상수도연구원

A Study on Frost Protection Methods for Water Meter in Seoul Area

H. I. Kim, T. H. Ryu, T. J. Park, S. Y. Oh, Y. J. Choi

Waterworks Research Institute, Seoul 143-820, Korea

ABSTRACT: Water meter frost in winter is a nuisance to the water administration and citizen as well. It causes stop of water supply, possibility of accident due to leakage freezing, and additional official work to change frost water meters. This study was carried out to give some basic information of water meter frost condition, to verify the effect of frost protection devices such as lagging vinyl cover, electric heater, and meter pit using subterranean heat. Nearly half of the number of the water meter frost happens in old apartment house with outer corridor, and temperature of the meter box was measured in that kind of apartment house, comparing with atmosphere temperature. The capability of three kinds of lagging vinyl cover was investigated by measuring the inside temperature of the insulated box. Also the capability of existing meter pits and new meter pits using subterranean heat was compared by measuring the inside temperature of the pits. One of the result is that the inside temperature of meter pits using subterranean heat was higher than that of the existing ones, and deeper pit causes higher inside temperature in case of using subterranean heat.

Key words: Water meter(수도계량기), Water meter frost(수도계량기 동파), Water meter pit(수도계량기 보호통), Subterranean heat(지열)

1. 서론

겨울철 추위로 인한 수도계량기의 동파문제는 동파와 함께 발생하는 계량기 내부 수돗물의 동결로 인해 수용가에 수돗물 공급이 중지되고 누수된 수돗물이 복도 등에 유출된 후 결빙되어 안전사고를 유발시킬 수 있으며 심야 또는 이른 아침에 동파신고가 접수되어 직원들이 대기하고 현장에 출동해야 하는 등 여러 가지 불편과 문제를 야기시킨다. 또한 수도계량기의 교체로 인한 경제적 부담 역시 가벼이 볼 수는 없을 것이다. 이러한 문제를 해결하고자 서울시에서는 다양한 대책을 준비하여 대응하고 있으나, 동파문제는 여전히

연례행사처럼 반복되고 있으며 이는 시민들에게 상수도서비스에 대한 불신의 요인이 되고 있다.

수도계량기 동파에 대응하는 방법은 크게 세가지 정도로 분류할 수 있다. 첫 번째 방법은 수도계량기 보호통 내부를 보온하여 급격한 온도저하를 막는 방법이다. 스티로폼과 같은 단열재, 헌옷등의 보온재를 보호통 내부에 넣거나 보온비닐커버를 보호함 외벽에 부착하여 보온효과를 높이는 방법으로서 대응방법이 간단하고 비용이 거의 발생하지 않는 장점이 있으나 동파의 가능성은 상존하며 지속적인 관리가 필요한 단점이 있다.

두 번째 방법은 수도계량기 보호통 내부에 열을 공급함으로 동파를 막는 방법으로서 대표적으로 전열선을 계량기 외부에 설치하는 방법이 있

다. 최근 지어진 복도식 아파트는 대부분 계량기 보호함 내부에 전열선을 설치하여 공급하고 있으나 97년 이전 지어진 복도식 아파트의 경우 건축시에 설치하지 않아 일부 세대에만 자비를 들여 설치되어 있는 실정이다. 전열선은 고장이 나지 않는 한 거의 완전하게 동파를 방지할 수 있으나 전원을 설치해야 하고 화재, 감전 등의 안전사고 우려가 있다.

세 번째 방법은 동파방지용 수도계량기를 설치하는 방법으로서 일단 설치되면 추가비용이 들지 않고 별다른 유지관리가 필요하지 않는 등 장점이 있으나 계량기 내부 동결은 발생하므로 수도물이 공급되지 않는 불편함은 있다.

본 연구는 서울시 전체 동파건수의 절반 가까이 차지하고 있는 복도식 아파트를 중심으로 동절기 외부온도 변화에 따른 계량기함 내부의 온도변화를 측정하였다. 또한 계량기함 내부의 동파를 방지하기 위해 현재 광범위하게 적용되고 있는 대책인 보온비닐커버 및 전열선의 효과를 살펴 보았다. 또한 아파트와는 달리 지중에 매설되는 수도계량기 보호통에 적용할 수 있는 지열을 이용한 수도계량기 보호통의 동파방지 효과도 검증해 보았다.

2. 조사방법

2.1 계량기함 내부 온도변화 측정

본 조사의 목적은 지은지 10년 이상된 노후한 북향 복도식아파트의 계량기함 내부의 온도가 겨울철 한파에서 어떠한 경향을 보여주는 지 알아보기 위한 것으로 2006년 1월부터 2월까지 동파에 취약한 아파트를 선정하여 실제로 계량기함 내부의 온도를 측정하였다. 온도측정은 온도측정용 데이터로거를 1시간 측정 간격으로 사전 설정하고 계량기함 내부와 외부에 설치하였고, 외부기온이 -10°C 이하로 떨어지는 기간에 측정하였다. 본 조사의 대상이 된 아파트의 개요는 Table 1과 같다.

측정개소는 비교를 위해 외기온도 측정장소를 포함하였으며 외기온도 변화에 따른 계량기함 내부 온도변화를 살펴 보았다. Fig. 1은 온도측정용

데이터로거를 계량기함 내부에 설치한 사진으로 데이터로거는 독일 Lufft사의 OPUS10 모델을 사용하였다. 데이터로거 설치 후 모든 계량기함은 서울시에서 보급하고 있는 보온비닐커버를 부착하였다.

Table 1 Temperature measurement site

Apartments	Construction year	No. of measurement spots
Apartment "A"	1986	4
Apartment "B"	1989	2
Apartment "C"	1981	3

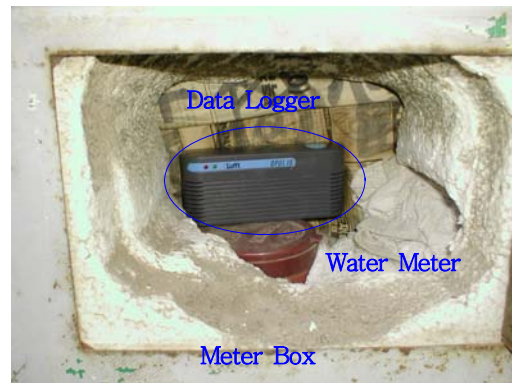


Fig. 1 Photograph of temperature measurement in meter box

2.2 보온비닐커버 성능실험

서울시에서는 동파가 빈번히 발생하는 북향 복도식아파트의 문제를 해소하고자 복도식 아파트 주민들에게 외부 공기의 유입을 막을 수 있는 보온비닐커버를 무료로 공급하고 있다. 기존의 비닐커버는 0.05mm 두께의 한 겹의 얇은 비닐이고, 본 조사에서는 새로이 제안된 0.025mm 두께의 두 겹의 비닐, 발포수지 재질(두께 5mm)의 보온커버에 대해서 보온성능을 비교하였다.

실험방법은 KS F 2277 "주택용 단열재의 단열 성능 시험 방법"을 응용하였다. 먼저 단열재를 사용하여 W(400mm)×D(300mm)×H(300mm)크기의 단열상자를 제작한 후 상단에 150mm×150mm 크기로 사각형의 개구부를 만든 후 이것을 보온커버로 덮

는다. 이렇게 제작된 단열상자를 항온챔버 내에 두고 상자 내부와 챔버 내부에 각각 온도측정용 데이터로거를 설치하였다. 이후 항온챔버의 온도를 각각 -5°C , -10°C , -15°C 로 일정하게 유지하며 1시간 동안 단열상자 내, 외부 온도변화를 1분 간격으로 측정하고, 온도측정값을 통해 보온성능을 비교하였다. 실험 대상은 기존 보온커버, 두겹의 비닐을 사용한 보온커버, 발포수지 재질의 보온커버이고 온도측정은 독일 Lufft사의 OPUS10 온도측정용 데이터로거를 사용하였다.

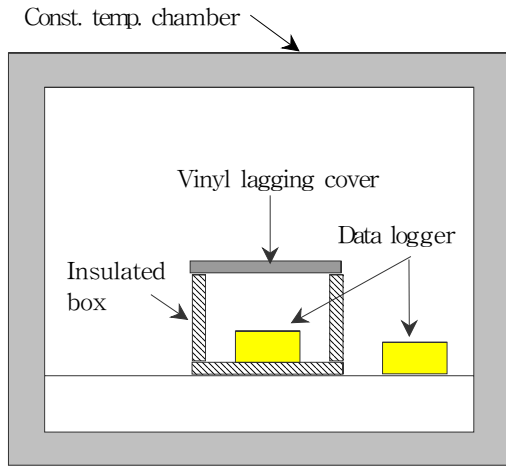


Fig. 2 Schematic diagram of test of vinyl lagging cover

2.3 지열이용 수도계량기 보호통 성능실험

수도계량기 동파방지 대책 중 하나인 지열이용 수도계량기 보호통의 원리는 다음과 같다. 1년 중 가장 추운 12~2월에도 수도계량기 보호통이 묻히는 1m 전후의 깊이에서는 평균온도가 약 6°C 전후이므로 이 온도를 이용하여 보호통 내부의 온도를 높게 유지하는 것이 본 보호통의 동파방지 원리이다. 이를 위해 주위 토양과 차단된 기존 보호통과는 달리 본 보호통은 주위 토양과 보호통 사이에 공기가 유동할 수 있는 공간을 만들고 보호통 내부와 이 공간이 개방되어 있어 지중의 열이 보호통 내부에 공급되게 된다. Fig. 3은 지열이용 수도계량기 보호통의 원리를 보여주는 개략도이다.

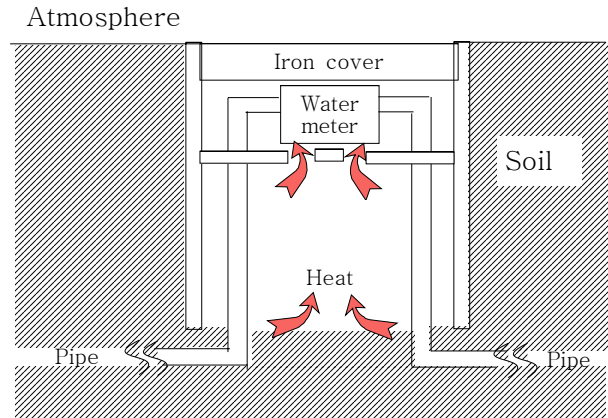


Fig. 3. Principle of water meter pit using subterranean heat

보호통의 성능실험은 보호통 내부의 온도를 측정하여 수행하였다. 주간에 직사광선이 없는 음지에 지열이용 13mm 수도계량기 보호통 2개(1100mm(a), 800mm(b))와 기존 13mm 수도계량기 보호통 2개(800mm(c), 1100mm(d))를 각각 매설하였다. 여기서, 1100mm, 800mm는 급수관의 매설깊이에 따라 보호통 인입배관의 깊이가 달라지는 것에 대응하여 각각 높이가 1100mm, 800mm인 보호통을 의미한다. 보호통의 보온성능을 검토하는 것이므로 배관은 설치하지 않으나 수도계량기에 물을 채워 보호통에 연결한 후 동파여부를 확인하였다. Fig. 4는 보호통이 매설된 개략도이다.

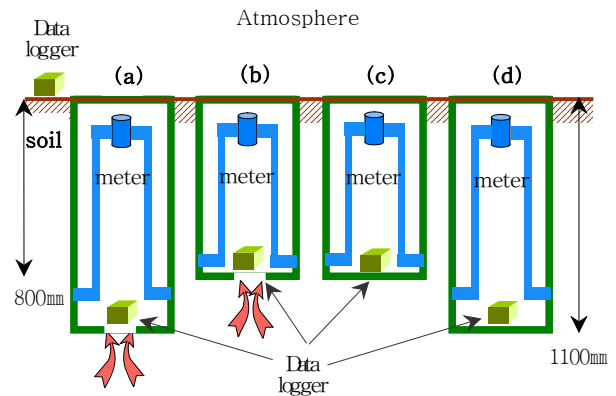


Fig. 4. Arrangement of water meter pit

이렇게 매설된 보호통 내부 및 외부에 온도값이 저장되는 데이터로거를 설치하고 외부온도와

계량기 보호통내부의 온도를 측정하였다. 데이터 로거는 독일 Lufft사의 OPUS10을 사용하였다.

온도의 측정은 야간의 대기온도가 0℃ 이하로 떨어지는 날에 측정하였으며 1시간 간격으로 온도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 계량기함 내부 온도변화 측정결과

마포구 성산동에 소재한 A 시영아파트는 건축된 지 20년이 경과된 북향복도식 아파트로서 외기온도, 206호, 606호, 1207호의 계량기함 등 4개소에서 각각 온도를 측정하였다.

Fig. 5를 보면 측정기간 중 최저기온은 -12.4℃였으며 계량기함 내부에 열선이 설치된 206호의 경우, 계량기함 내부의 최고온도가 10℃ 이상일 때도 있는 등 동파방지효과가 확실함을 알 수 있다. 현재 시판되는 열선은 바이메탈 센서가 내장되어 일정온도 이상이 되면 가동이 중지되고 2~3℃에서 가동이 시작되므로 최저온도는 3.2℃까지 떨어졌다. 털옷을 계량기함 내부에 가득 채운 606호의 경우, 1207호에 비해 약 2℃가량 온도가 높은 것으로 나타나 추가보온재와 계량기함 보온비닐커버를 부착하는 것이 우수한 보온효과를 지닐 수 있었다.

송파구 문정동에 위치한 B 시영아파트는 건축된 지 17년이 경과된 아파트로서 북향복도식 아파트로 동파다발 지역이며 외기와 401호, 2개 지점에 온도측정용 데이터로거를 설치하였다.

Fig. 6을 보면 B 시영아파트 401호는 최저기온이 -13.7℃까지 떨어지면서 계량기함 내부온도는 -5.5℃까지 떨어졌으며 이때 계량기가 동결되었다. 401호는 보온비닐커버가 부착되어 있었고 내부도 보온재로 채워졌으나 계량기함 내부온도가 0℃ 이하로 떨어진 상태로 24시간 이상 지속되며 계량기가 동결되었다. 내부 온도가 낮게 떨어진 것은 현장조사 결과, 사용된 보온재가 오래되었고 보온효과가 좋지 않았기 때문으로 판단되며 아파트 실내온도, 실내 거주시간 등도 영향을 미친 것으로 추정할 수 있다.

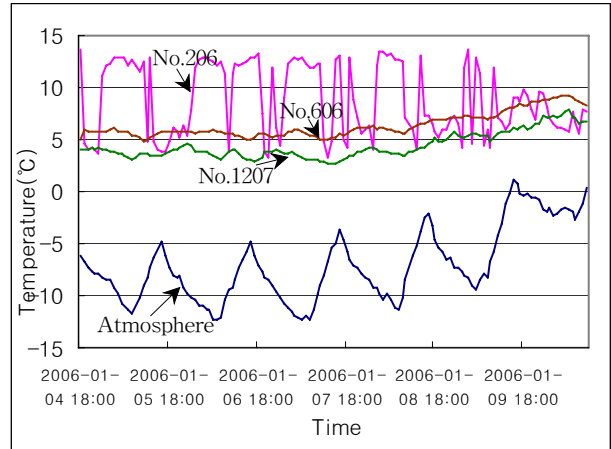


Fig. 5. Temperature transition in apartment "A"

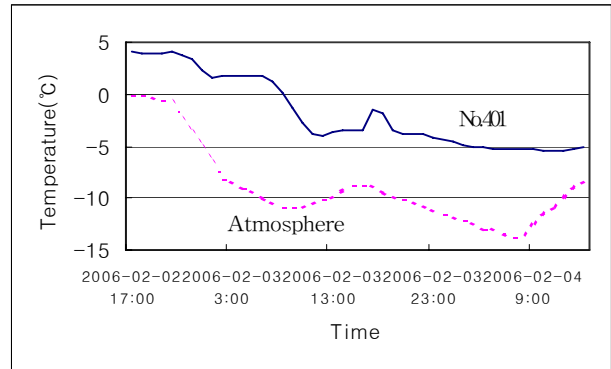


Fig. 6 Temperature transition in apartment "B"

강동구 둔촌동에 위치한 C 주공아파트는 건축된 지 25년된 아파트로서 북향복도식 아파트이며 역시 동파다발 아파트이다. 다음과 같이 3개 지점에서 온도를 측정하였다.

C 주공아파트 계량기함의 온도는 같은 기간 측정한 B 시영아파트에 비해 양호한 결과를 보여 주었으나, 역시 0℃ 전후까지 온도가 하강하였다. 이는 추가보온재를 채우고 보온비닐커버를 부착하더라도 외부기온에 의해 동파가 가능한 온도까지 계량기함의 온도가 내려가서 동파에 취약할 수 있음을 보여주는 결과다.

Fig. 7을 보면 508호와 708호는 거의 비슷한 온도와 온도변화 경향을 보여 주었으나 온도가 많이 떨어지는 시간대에는 708호가 1℃ 이상 높은 경향을 보여 주었다. 이는 대체로 아파트 내부의 난방에 의한 실내온도 차이에 기인하는 것으로

로 추정된다. 아파트 실내의 온도는 바깥에 비해 30℃ 이상 온도차이가 발생하고 이 온도차이로 인해 아파트 내부에서 외부로 외벽을 통한 열전달이 발생하는데 이 열전달이 계량기함 내부의 온도를 약간 상승시키게 된다. Fig. 7에서 2월 4일 17:00 이후 데이터를 보면 외기의 온도는 하강하지만 오히려 계량기함 내부 온도는 약간 상승하는데 이는 가족 구성원들이 퇴근, 하교 등으로 가정에 모이면서 난방을 통해 실내 온도를 높이기 때문으로 사료된다.

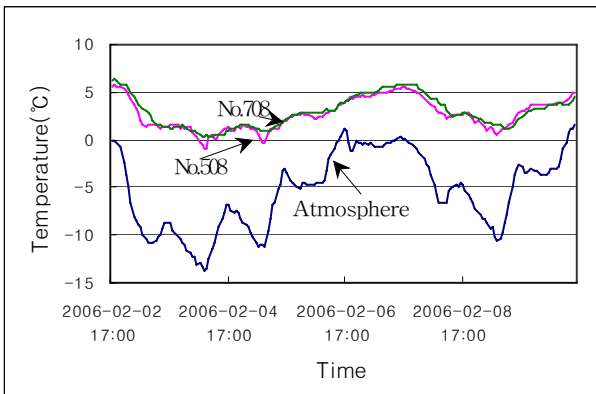


Fig. 7 Temperature transition in apartment "C"

3.2 보온비닐커버 성능실험 결과

보온비닐커버가 부착된 단열상자를 항온챔버 내에 위치시키고 항온챔버의 온도를 각각 -5℃, -10℃, -15℃로 일정하게 유지하며 1시간 동안 단열상자 내, 외부 온도변화를 1분 간격으로 측정된 결과, 항온챔버의 일정온도와 관계없이 3종의 보온커버 사이에 의미있는 온도 차이는 없었으며, 이 결과를 통해 보온커버가 직접적인 열전달에 의한 열손실(전도현상) 방지효과보다는 차가운 공기의 유입에 의한 열손실(대류 현상)을 방지하는데 효과가 있음을 알 수 있다. 따라서 보온커버 사이에 단열효과의 차이는 거의 없는 것으로 사료된다. Fig. 8은 챔버 내 온도가 -10℃인 경우, 각각의 보온커버에 의한 온도감소추이를 보여주는 것으로 세가지 커버의 온도변화가 거의 일치함을 알 수 있다. 챔버 내 온도가 -5℃, -15℃인 경우도 단열상자 내 온도감소속도에 차이가 있을 뿐 3종의 보온커버 사이에 의미있는 온도감소의

차이가 없었으므로 실험결과 그래프는 생략하였다.

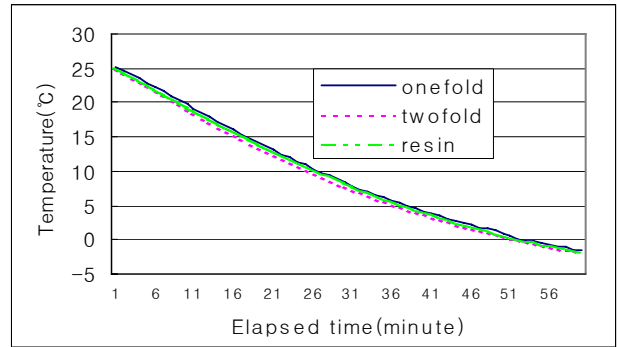


Fig. 8 Temperature change in insulated box covered with 3 kinds of lagging cover

위 결과를 통해 보온커버는 외기와 계량기함사이의 온도차에 의한 열전도를 막는 단열효과는 크지 않은 것을 알 수 있다. 그러나 보온커버가 없다면 차가운 외기와 이보다 온도가 높은 계량기함 내부의 공기가 밀도차에 의해 흐름이 발생하고(대류) 이로 인해 열 손실을 가져오게 되므로 대류에 의한 열 손실을 막는 데는 충분히 효과가 있을 것이다. 다만 이 경우 밀폐만 되면 되므로 본 실험의 결과와 같이 재질에 따른 차이는 거의 없을 것이다. 그러나, 이와 같은 보온커버만으로는 북향 북도식 아파트의 동파발생을 억제할 수는 없으며 주지의 사실과 같이 계량기함 내부에 보온재를 채워 넣어 동파를 방지함이 더욱 중요하다.

3.3 지열이용 수도계량기 보호통 성능실험 결과

Fig. 9는 2005년 동절기 중 가장 기온이 낮았던 1/29~2/4(7일간)사이의 온도변화 추이이며 최저기온은 -12.3℃였다. 동기간 중 지열이용 보호통내의 최저온도는 1100mm(a)와 800mm(b) 깊이의 보호통이 각각 2.0℃와 0.8℃였고 기존 보호통(c, d)내의 최저온도인 -0.5℃ ~ -0.3℃에 비해 온도가 높았다. 기존 보호통은 800mm(c)와 1100mm(d) 보호통의 온도변화추이가 유사하고 온도도 거의 차이가 없었으나 지열보온 보호통의 경우, 온도변화추이는 유사하나 1100mm(a) 보호통이 800mm(b) 보호

통에 비해 0.7~1.2℃ 정도 높은 온도를 보이고 있음을 알 수 있다. 특이할만한 것은 지열이용 보호통의 경우, 외부기온이 높을수록 1100mm와 800mm 보호통의 온도차이가 작아지고, 외부기온이 낮아지면 그 반대의 결과를 보임을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 외부기온이 낮아짐에 따라 보호통 내부에서 외부로 유출되는 열량이 많아지고, 이 때 깊이가 깊은 쪽이 토양으로부터 더 많은 열량을 공급받을 수 있으므로 상대적으로 온도하락폭이 작은 것이 그 원인인 것으로 판단된다.

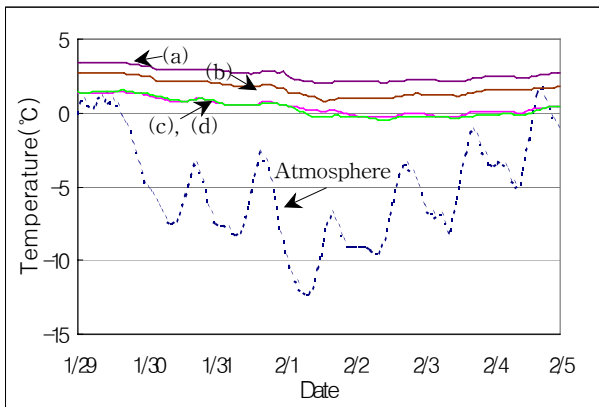


Fig. 9 Temperature variance in water meter pits

지열이용 수도계량기 보호통은 기존 수도계량기 보호통에 비하여 동파방지 효과가 상대적으로 우수함을 알 수 있다. 다만, 기존 보호통 역시 가장 추운 경우라도 최저온도가 0℃ 전후로 유지되므로 외부공기의 유입을 막거나 단열재를 충분히 사용하면 동파를 막을 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 지열이용 수도계량기 보호통은 겨울철 온도가 아주 낮아지는 지역이나 상대적으로 저지대에 비해 온도가 낮고 바람이 많이 부는 고지대에 적용하면 좋은 효과를 기대할 수 있을 것이다.

4. 결론

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 북향복도식 아파트 3개소에서 계량기함 내부의 온도측정을 실시한 결과 열선을 설치하면 동파예방 효과가 확실하며 추가보온재와 비닐커버를 부착하더라도 외부 기온에 의해 동파발생이

가능한 온도까지 계량기함 내부의 온도가 하강할 수 있음을 보여 주었다.

(2) 동파방지용 계량기함 보온커버에 대한 성능 실험 결과, 세가지 재질의 보온커버에 대하여 단열상자 내 온도변화추이가 거의 차이가 없으므로 나타나 재질에 따른 보온효과의 차이가 없음을 알 수 있었다.

(3) 지열을 이용한 수도계량기 보호통에 대한 성능실험 결과, 기존 보호통에 비하여 더 높은 내부온도를 유지하였으며, 보호통의 깊이가 깊어질수록 온도가 높아짐을 알 수 있었다. 따라서 기존 수도계량기 보호통에 비하여 동파방지 효과가 상대적으로 우수함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 환경부, 2004, “상수도 시설기준”, 한국상하수도협회
2. Kim, H. I., 2006, A study on improvement of water meter performance, 2005 Research reports of WRI, pp. 184-188
3. AWWA MANUAL M6, 1986, “Water Meters-Selection, Installation, Testing, and Maintenance”, 3rd Ed., AWWA, p. 41