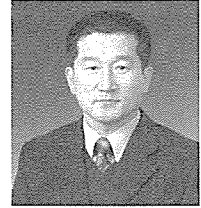


# 열량계의 센서포켓이 계량 오차에 미치는 영향 연구



SH공사 집단에너지사업단 노원공무팀장 \_ 박태화

본 내용은 (서울특별시 2004년 하반기 시정연구논문 응모에서 최우수작인 금상)으로 선정된 내용을 간략히 요약함.

## 1. 요약

- 지역난방사업에서 수입의 대부분을 차지하는 열요금 을 부과하기 위하여 열량계를 각 사용자(열중계처)별로 설치하고 있으며, 판매 열량은 순환되는 중온수 유량과 공급·회수되는 온도차로서 산정된다. 중온수 온도를 계 측하는 온도센서 한 쌍에는 보호관(센서포켓)이 설치되어 있으나 우리가 사용하고 있는 센서포켓과 유럽에서 사용 하는 것과 규격이 다르다는 것을 발견하여 2004년 2월부터 설치실태 조사와 문제점조사(분석)을 통해 계량오차에 영향을 끼칠 수 있다는 판단을 하게 되어 연구를 시작하 였다.

- 열량계 시험실에서의 자체시험에서 여러 가지 방법과 수차례 시험을 통해 기준에 설치된 센서포켓으로 인한 온 도측정의 정확성이 낮아 열량 계측에서 항상 마이너스 상 태인 것을 확인하였으며, 외부 시험기관의 검증과 현장 실증시험을 통해 현재 설치되어 있는 센서포켓으로 인한 계량손실이 -0.64% 계속되고 있음을 확인하였다. 현재 설 치되어 있는 센서포켓 규격의 부적합으로 인한 계량손실 이 계속되고 있으므로 유럽(텐마크)에서 적용하고 있는 기준을 참고하여 본문에서 검토된 개선방법으로 교체할 것을 제안하며, 교체이후 개선효과는 매년 5.4억원의 열 판매 수입이 증가하며, 연간 열손실율은 0.6%(6.55→

5.95%) 감소하는 명목효과가 있는 것으로 분석되었다.

## 2. 현 센서포켓의 문제점

### • 센서포켓의 기본 조건

센서포켓의 용도는 내부의 압력이나 독성물질로부터 센서를 보호하는 역할과 센서를 교체, 점검할 경우에 열공 급을 중단하지 않는 역할을 하며, 수시로 변하는 중온수 의 온도를 센서측에 전달하는 역할을 한다. 구조적으로 압력과 온도에 내구성을 가지는 상태에서 변화하는 온도 를 빨리 정확히 전달하여야 하므로 열전도율이 높은 재질 을 사용하여야 하고, 열전달되는 거리, 즉 두께가 얇아야 하는 과제가 주어진다.

### • 현안 문제점

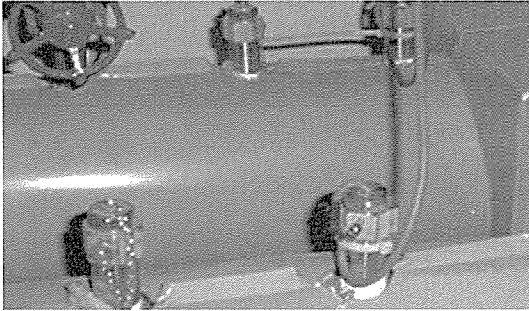
- 주 열량계(산업용)의 온도센서 규격은 두 종류( $\varnothing 5.8$ ,  $\varnothing 6.0$ mm)로 되어 있고, Pt100, Pt500 2가지로서 상호 호환 성이 없음

- 열량계 구매(외산)시 부품으로 일부 제공되었던 센서 포켓은 우리의 기준과 사양(나사 크기 및 길이)이 달라 사 용할 수 없음

- 규격이 세 종류(목동, 강서, 노원)로 설치되어 있으며, 국내에서 제작한 것으로 내경과 외경을 크게 하여 튼튼하 기는 하나 온도전달용으로는 부적합한 것으로 판단됨

## 전문가 기고

### 센서포켓 설치사진



- 배관경은 350A까지 있는 데, 센서포켓의 길이는 80A~100A에 맞춰 제작되었으므로 125A이상에서는 길이가 짧아 정확한 온도를 감지하지 못함

### 3. 센서포켓이 열량계의 계량오차에 미치는 영향 연구

#### • 조사·연구 내용

- 현재 설치운용중인 센서포켓의 열전달속도 측정시험
- 센서포켓별로 온도대별 열전달(감지) 온도 측정시험
- 외부 연구(시험)기관의 검증시험을 통한 시험결과 입증
- 시제품(샘플)을 현장에 설치하여 시험실 시험결과와 비교 검증

#### • 시험 결과

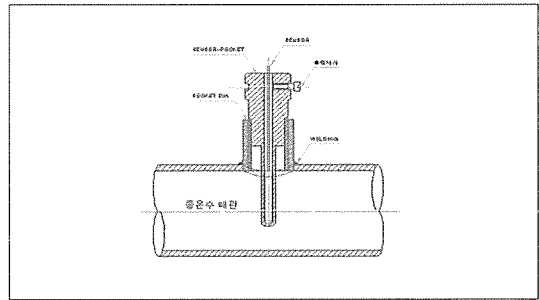
- 열요금 부과용으로 사용하고 있는 연산부(온도센서)를 이용함으로써 열전달 속도(시간)가 반영된 실질적인 온도차를 측정할 수 있게 되었다.

- 자체 시험결과와 같이 공급 및 회수온도에서 온도대별 열전달(감지)온도가 차이가 나는 것을 확인하였으며, 시험실에서의 시험결과보다 개선효과가 다소 큰 것으로 조사됨

- 황동 재질의 센서포켓이 스텐레스 스틸보다 개선효과가 약간 큰 것으로 조사됨

- <표-1>과 같이 시험용 센서오차값을 반영한 후의 증온수 이용온도차가 0.257~0.273℃ 더 커지는 것으로 조사되었으며, 열판매량 개선효과는 0.6%대에 이르는 것으로 분

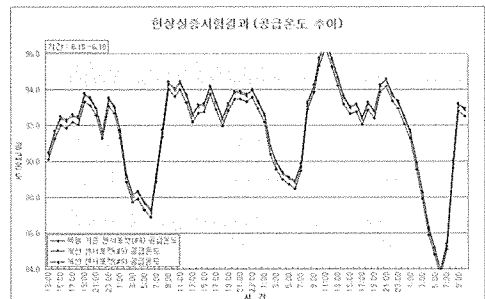
### 센서 설치단면도



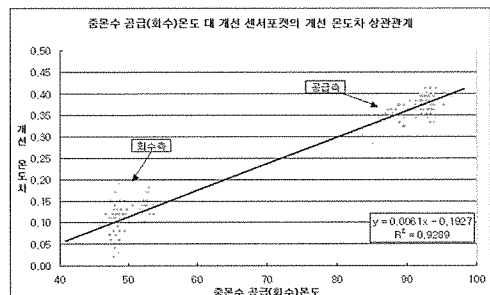
석되었다.

- <그림-2>는 증온수 공급측의 온도변화추이를 비교한 그림이며, <그림-3>은 기존 센서포켓 대비 개선 센서포켓 간의 증온수 공급·회수온도와 개선 온도차의 상관관계를 나타낸 것으로서 증온수 공급온도대별 온도차가 명확히 구분되는 것을 알 수 있다. 즉, 증온수 온도가 높을 때에는(공급온도) 온도차가 더 커지고, 증온수 온도가 낮을 때(회수온도) 때에는 온도차가 약간 높아지는 것으로 분석되었다. <표 1참조>

#### 현장실증 시험결과 증온수 공급온도 추이



#### 현장실증 시험결과 개선 온도차 상관관계



〈표 1〉 기존 센서포켓 대비 개선효과 요약(70시간 평균)

(단위 : °C)

구분	기존 센서포켓 #4 (STS304)			개선 센서포켓 #5 (STS304)			개선 센서포켓 #6(침묵)		
	공급온도	회수온도	온도차	공급온도	회수온도	온도차	공급온도	회수온도	온도차
중온수온도	91,520	49,212	42,308	91,954	49,361	42,593	91,894	49,273	42,461
증가 온도	기준	기준	기준	0,434	0,149	0,285	0,374	0,060	0,314
센서오차값	기준	기준	기준	-0,064	-0,036	-0,028	0,001	0,042	-0,041
센서오차값 보정후	기준	기준	기준	0,370	0,113	0,257	0,375	0,102	0,273
개선효과	기준		기준	(ΔT: 42,308)		0,607%	(ΔT: 42,308)		0,645%

〈표 2〉 시험방법별 비교

구분	지체 시험(최중)	외부 시험기관	현장 실증시험
시험일자	2004.4.27~5.7	2004.6.11	2004.6.8~6.18
시험장소	열량계 시험실	산업기술시험원	목동아파트 13단지(S-7)
시험방법	1개의 센서로서 포켓별 비교시험 (기준온도계로 교정)	1개의 센서, 센서와 포켓별 비교시험 (기준온도계로 교정)	3개의 센서(연산부)로서 샘플제작한 포켓과 기존 포켓간의 평균온도차 비교
온도조건(°C)(공급/회수)	90/60	6점 (55, 60, 90, 95, 100, 105)	시험기간중 평균온도(90/50)
온도편차(°C)	0,113, 0,122	0,28~0,64	0,257, 0,273
오차율	0,377, 0,408%	0,9~1,6%	0,607, 0,645%

#### 4. 연구결과 요약 및 결론

• 연구결과 〈표 2참조〉

• 개선방안

- 센서포켓을 교체하는 반영구적인 방법중에서 스텐레스 스틸과 황동을 비교하였으나 유럽에서도 종전에는 황동을 사용하였으나 최근에는 스텐레스 스틸(STS304)의 재질만 사용하므로 우리도 그대로 적용하는 것이 바람직하며, 규격도 덴마크의 표준을 참고하여 두께와 간극을 정하도록 하는 것이 최상의 방법으로 사료된다.

- 센서포켓의 내경은 센서의 외경(Ø 5.8mm)보다 0.1mm 큰 Ø5.9mm로 하며, 외경은 Ø7.5~Ø8.0mm로 하는 것을 권장함

- 정확한 온도 측정을 위한 열수송관 관경별 길이 및 소켓 규격은 사업소(강서, 노원)별 여건에 따라 다르게 제작한다(80A용, 100~125A용, 150A~200A용, 300A이상)

- 봉인용 홈등 방법이나 포켓의 외부 노출 길이 등 세세한 부분까지 개선 필요

• 경제성 분석

- 총 투자비 : 136백만원

- 연간 열판매수입 증가 금액 : 매년 545백만원

- 투자비 회수기간 : 3개월

- 연간 열손실율은 2003년 기준으로 0.6% 감소(6.55→5.95%)

#### • 종합 결론

- 지금까지 문제점으로 여기지 않았던 센서포켓의 종류(규격)에 따라서 열전달(중온수 온도감지)에 큰 영향을 끼칠 수 있다는 것을 본 연구에서 자체시험과 현장실증시험을 통해 증명하였다. 따라서 기 설치되어 있는 센서포켓을 유럽에서 사용하고 있는 규격을 참고하여 교체함으로써 지금부터라도 계속손실을 줄여 열판매수입을 늘리도록 하여야 하며, 현업 부서와 공동으로 세부 추진계획을 수립, 차기년도 실행예산에 편성하여 조기 시행할 것을 제안함

- 끝으로 집단에너지공급사업의 사용자시설기준 내용중 센서포켓 제작기준을 추가 수록(개정)하여 향후에 설치하는 센서포켓의 문제점을 근원적으로 해소하여야 하며, 한국산업규격 중 적산열량계(KS B 5304) 분야에서는 온도센서 보호관의 미흡한 부분을 개정 추진코자 함