

열량측정 가스분석기

박계원 / 건재환경팀 연구원

1. 개요
2. 적용기능 측정항목 및 적용규격
3. 시험장치 구성
4. 맺음말

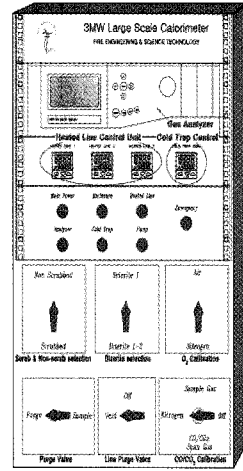
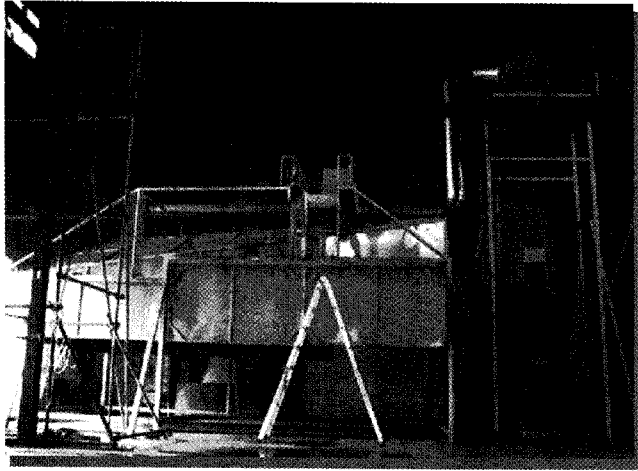
1. 개요

2007년 8월 방재시험연구원은 실물화재시험 분석을 위한 Large scale calorimeter의 측정 핵심 장비인 열량측정 가스분석기(Large Scale calorimeter Measuring Station)를 구축하였다. 열량측정 가스분석기는 건축용 내외장 재료 및 대형 실물 화재 시험시, 연소 특성 분석에 필요한 발열량 및 연기발생량 등 각종 화재 물리량의 측정을 위한 시험기기로, 완전 디지털 제어 방식으로 측정의 정밀성과 편리성을 도모하였으며 ISO 9705, ISO 13784 등 국제시험규격에 충족되도록 설계되었다. 그 열량측정 가스분석기 및 Large scale calorimeter 시험장치 모습은 [그림 1]과 같으며, 이 시험장치 구성 및 성능제원에 대하여 소개하고자 한다.

2. 적용기능 측정항목 및 적용규격

2.1 측정항목

- 발열량(Heat release rate, kW) 및 연기발생율(Smoke production rate, m^2/s^2)
- 산소소모량 및 일산화/이산화탄소 생성량(농도[%], 발생율, 부피[m^3])
- 배기유량($q_{vss}, m^3 \cdot s^{-1}$), 배기덕트내 온도($^{\circ}C, K$)
- 배기덕트내 차압(Δ, Pa), 체적유속(volume flow rate)
- 광농도(%), 감광계수(ϵ, m^{-1}), 연기순간속도 및 최대속도(m^2/s), 총연기량
- 연소시 시험체 온도
- 구조물의 플래시오버까지의 화재성장에 대한 영향



[그림 1] Large scale calorimeter 시험장치(左) 및 열량측정 가스분석기(右)

〈표 1〉 열량측정 가스분석기 주요 구성

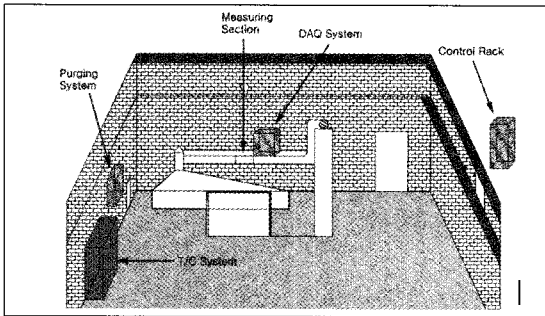
구성품명	구성 특징
가스분석 장치	<ul style="list-style-type: none"> • 가스분석 시스템: CO(0-1%), CO₂(0-10%), O₂(0-25%) 동시측정 - NDIR(비분산적외선방식) 및 Paramagnetic(항자성체방식) • 열량측정 덕트시스템 • PURGE 시스템 • 무선 온도측정 시스템
전처리 장치	<ul style="list-style-type: none"> • 냉각기(온도조절가능) • 연소검댕이 제거 필터 • 가스포집용 펌프 • 가스포집 분석배관장치
가스포집 열유지 배관장치	<ul style="list-style-type: none"> • 온도제어가 가능한 전기히터(line heater)를 포함한 배관장치로 최소 30m 이상(온도제어 200℃, K type 열전대)
데이터 수집장치 및 운영 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 수집장치 및 유무선 통신시스템 • 적용 운영프로그램 : ISO 13784-1:2002, ISO 9705:1993 • 열방출율, 산소소모량, 가스농도 및 생성량(yield값), 배기덕트내 차압, 배기덕트내 온도, 연농도, 배기유량 등 실시간 모니터링 및 데이터 측정 및 저장 가능

- 내부화재가 외부공간 또는 인접건물로 전파 될 잠재적 가능성
- 구조물 붕괴의 가능성
- ISO 13784-1 (Reaction-to-fire tests for sandwich panel building systems)
- ISO 9705 (Full-scale room test for surface products)

2.2 적용규격

3. 시험장치 구성

국내에서(업체:FESTEC International) 주문 제작한 것으로 크게 가스분석장치, 전처리 장치, 가스포집 열유지 배관장치, 데이터 수집장치, 운영 프로그램으로 구성되며 <표 1>과 같다.



[그림 2] 가스분석장치 배치

이중 핵심구성품은 가스분석 장치이며, 이는 다 시 가스 분석 시스템, 열량측정 덕트시스템, PURGE 시스템, 무선 온도측정 시스템으로 구성 된다.

3.1 가스분석 시스템

산소 및 일산화, 이산화탄소(Oxygen Consumption & Carbon Monoxide, Carbon Dioxide production yield)를 동시에 분석하며, 건조된 가스(O₂, CO₂, CO)만을 공급하여 신뢰성 있는 데이터를 산출할 수 있도록 하기 위해서, 포 집된 가스를 3℃ 이하로 온도를 낮추어 수증기 응 결을 이용해 수분을 제거하기 위한 Cold Trap을 사용한다.

3.2 열량측정 덕트시스템

3.2.1 Bi- Directional Probe(양방향 검지관)

- Hot wire 보다 온도 특성에 강하며, Pitot tube 보다 Soot 등에 의한 막힘 현상이 적다.
- 방향성이 없다(즉, Turbulence 에 강하다).

3.2.2 Differential Pressure Transducer(차압계)

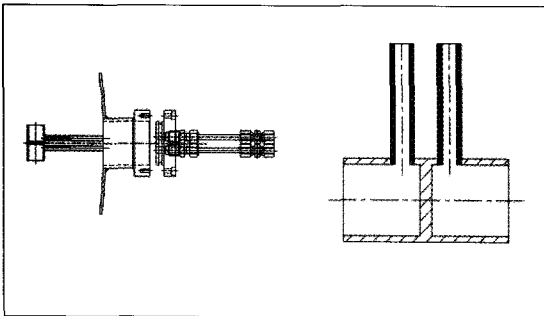
- 측정 Range는 0Pa ~ 2000Pa이며, 실제 시험시 3.5m²/s 이상, 즉 환산시 600~650Pa이상 측정되어야 정상적인 시험을 수행할 수 있으며, 발열량 측정에 핵심 인자이다.

<표 2> 가스분석 시스템 콘트롤 랙의 구성

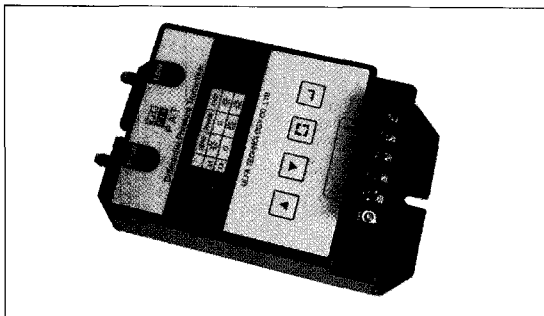
Product name	기능	Resolution
Gas Analyzer	O ₂ Analysis	0 to 100% 4~20mA
	CO Analysis	0 to 1% Largest 0 to 3% 4~20mA
	CO ₂ Analysis	0 to 1% Largest 0 to 10% 4~20mA
Cold Trap	수분제거를 위한 냉각장치	
Ambient Pressure	4~20mA	
3-way ball v/v	DPT & Sample Line Purge	
5-way ball v/v	CO & CO ₂ Calibration	
각종 Switch	Enclosure & DAQ 제어	
Pump	연소가스 흡입을 위한 장치	
Field Point	Data 측정 장비	

〈표 3〉 열량측정 덕트시스템의 구성

Product name	기능	Resolution	Property
Light Source	연기밀도 및 발생량 측정을 위한 광원		DC 5 V
Si-photodiode	광감쇄율 측정	0~60mV	
Sampling Port	연소가스 포집을 위한 장치		
Bi-directional probe	덕트내 차압 측정장치		
Diff. Pressure Transducer	차압측정 센서	4~20mA	DC 24V
Solenoid V/V	Purge 제어를 위한 밸브	DC 24V	
Field Point	Data 측정 장치		DC 24V



[그림 3] Bi-directional probe 모습



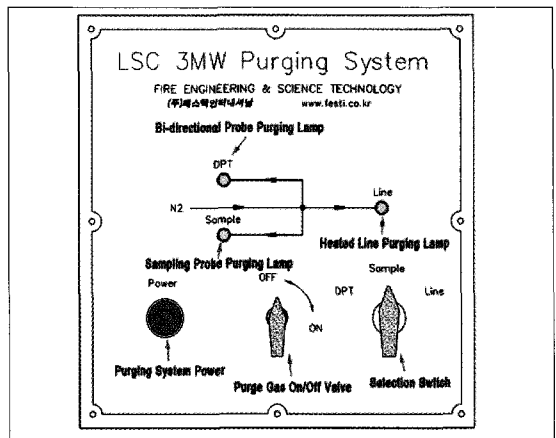
[그림 4] 차압계 모습

3.2.3 Light Source (광농도 측정기)

- 일정한 빛을 공급할 수 있는 램프에 의해 빛의 감쇄량을 감지하여 Smoke Production rate 등을 측정한다. 특히, 덕트에서 평행하게 나와있는 파이프 안으로 숯 등의 부착을 방지하기 위해 압축공기를 공급할 수 있는 컴프레서가 구축되어 정밀도를 높였다.

3.3 PURGE 시스템

Measuring Section에 설치된 Solenoid 밸브를 구동하여 DPT & Sampling Line의 Purge를 제어하고 연소시험 시 유동의 흐름을 제어한다. 각각의상태를 램프로 표시하여 현재의 상황을 쉽게 인지할 수 있도록 구성하였다. PURGE 시스템은 ISO 13784-1에 명확히 명시되어 있지 않지만, 장비의 정밀성 확보 및 유지관리를 위한 핵심장치로, 현재 국내 본 연구원에만 설치되어 있다.

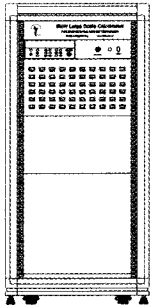
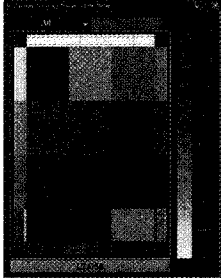


[그림 5] PURGE 버튼 모습

3.4 무선 온도측정 시스템

화재 시험체 벽판에 설치된 열전대들은 무선 온

〈표 4〉 열량측정 덕트시스템의 구성 및 장치 모습

Product name	기능	장치모습	실시간 측정 화면
열전대 접속단자 60 채널	샌드위치 패널 주위의 온도를 측정		
Bluetooth 안테나	측정된 데이터를 무선으로 송신		
Data Logger	측정된 온도를 디지털 값으로 변환하는 장치		

도 측정 시스템 랙에 체결되며, 이는 무선전파를 통해 30m떨어진 열량측정 계측실로 실시간 전달된다. 총 60개의 채널을 확보할 수 있으며 이는 ISO 13784-1에서 요구하는 채널수보다 많은 것으로 향후 충분한 온도측정 추이를 체크할 수 있다. 또한 벽체 및 지붕 등 각 부재별로 온도가 그래픽으로 제공되어 육안관찰에서 진일보한 정성적 측정이 가능하다.

4. 맺음말

앞서 살펴본 바와 같이 본 연구원의 열량측정 가스분석기는 Large scale calorimeter의 계측장비로써, 현재 대책과제 수행을 위해 가동되고 있으며, ISO 13784-1(Reaction-to-fire test for sandwich panel building system)을 기초로 샌드위치 건물구조물의 소규모실(small room)에서 불꽃 점염에 의한 국부화재를 재현하여, 조립된 샌드위치 패널 노출부위 또는 패널 내부로의 연소확산과 샌드위치 패널 건물구조의 화재성능을 평가하기 위해 활용되고 있다.

본 연구원의 Large Scale calorimeter용 열량

측정 가스분석기는 국제 규격인 ISO 5660 (Reaction to Fire-Heat Release Rate; Cone Calorimeter Method)과 Heat Release in Fire(Edited by V. Babrauskas, S.J. Grayson)에서의 산소소모량에 따른 열방출을 측정에 관한 기본원리와 근간을 같이하나, ISO 9705(Fire tests; Full-scale room test for surface products), ISO 13784-1(Reaction-to-fire test for sandwich panel building system)등을 활용하여 설제에 반영하였다. Cone Calorimeter가 약 500kW의 열량을 측정한다면, 본 연구원의 Large scale calorimeter용 열량측정 가스분석기는 열량 범위를 1 ~ 3MW의 열량을 측정할 수 있는 장비로써, 소형실험화재의 시뮬레이션 데이터를 통한 대형화재의 예측이 아니라 선진국 수준의 실물화재실험 위주로 화재성상 연구를 가능하게 한다. 향후 본 장비의 용량을 10MW까지 증설시킨다면, 실제 산업현장에서 일어날 수 있는 화재(예: 창고의 화재, 사무실 전체의 화재, 가구의 화재, 자동차 한대의 화재 등)를 측정하여, 좀 더 나은 산업안전 및 환경발전에 기여할 수 있을 것이다. **FILK**