

# 굴 패각과 건식공정 바텀애시를 사용한 내화보드의 가열실험

## Heating Experiment of Fireproof Board using the Dry Process Bottom Ash and Oyster Shell

정 의 인

김 봉 주\*

김 진 만

Jung, Ui-In

Kim, Bong-Joo\*

Kim, Jin-Man

Department of Architectural Engineering, Kongju National University, Seobuk-Gu, Chungnam, 331-717, Korea

### Abstract

This study is a research about performance of fireproof board using industrial waste such as oyster shell and dry process bottom ash through the heating test and conclusions were obtained as follows. Test samples show back side temperatures as follows : in 300°C, 103.1~125.1°C, in 600°C, 201.1~210.1°C, in 900°C, 249.2~276.9°C. In the test, temperature increases of specimens of fireproof board are kept at certain temperatures hence it could be concluded that the specimens withstand high temperatures. According to the test, it could be concluded that fireproof board made by smaller particles shows better performance up to 600°C while at higher temperatures, fireproof board made by bigger particles shows better performance. It is estimated that fireproof board made by particles of bigger size has more pore structure and it delays heat conduction.

Keywords : oyster shell, dry process bottom ash, fireproof board, heating experiment, industrial by product

## 1. 서 론

경제의 발전과 함께 건축은 비약적 발전을 이루며 대형화, 고층화와 복합적 용도의 건축물들이 증가하게 되었고, 이와 함께 재해에 대한 위험성도 높아지고 있다[1]. 이처럼 대형화 및 고층화 되어있는 건축물에서 화재가 발생하는 경우 단순히 건물의 피해에서 그치는 것이 아닌, 재실자의 안전에 대한 위협과 생명으로 직결되어, 그 심각성이 더욱 높다고 할 수 있다. 또한 터널과 지하구조물, 공동구, 기계실 등에서 발생하는 화재는 유류화재(1,000°C 이상)에 해당하여 초고온의 상황이 발생되고, 폭발 등이 발생할 경우 내구성 이 취약한 기존 내화마감의 탈락 등으로 구조손상에 대한

문제가 발생할 수 있다[2]. 선진국에서는 이러한 문제예방을 위해 우수한 성능을 가진 내화보드를 마감에 사용하고 있다. 이러한 내화보드는 마그네슘계와 칼슘계가 주로 생산되고 있지만 국내에서는 원재료의 가격, 시공과정에서의 취급, 설치의 어려움 등으로 활발한 생산이 이루어지지 않고 있다[3].

건축물의 내화성능 요구시간을 결정하는 요소는 연소의 성상, 종류 등에 관한 화재하중과 규모와 형상에 관한 공간의 특성, 건축물의 규모에 의해 결정된다.

이러한 내화구조의 목적은 앞서 언급한 것과 같이 화재 시 건축물의 구조적 안전성 확보와 화재의 확산 방지, 피난 시간동안 재실자의 대피로를 보호하는 것이며, 평가항목은 구조안정성, 차염성, 차열성이 있다[4].

국내의 내화성능평가기준은 법령에서 정해진 내화시간과 표준화재시험에 의한 성능평가로 시행되고 있다. 이와 같은 내화성능기준은 건축물의 용도를 일반시설, 주거시설, 산업시설로 분류하여 대상건물의 층수와 최고높이를 기준으로 건축물의 규모와 주요구성부재를 변수로 사용하고 있다[5].

Received : January 5, 2015

Revision received : February 9, 2015

Accepted : April 4, 2016

\* Corresponding author : Kim, Bong-Joo

[Tel: 82-41-521-9334, E-mail: bingma@kongju.ac.kr]

©2016 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.



Figure 1. Fire resistance performance assessment

굴 패각에 관한 기존 연구의 경우 굴 패각의 소성을 통해 CaO 상태로 분말화시켜 활용하는 경우가 대부분이었으며 일부의 경우 잔골재를 낮은 비율로 치환하여 사용하였다. 본 연구에서는 앞에서 언급된 대부분의 연구에서와 같이 소성을 통해 바인더(Binder)형태로 활용하는 것이 아닌, 굴 패각의 발생상태 그대로를 골재(aggregate)로 활용하고자 하였다. 이는 전처리 과정만을 거쳐 경제적인 효과를 높이고 골재로서 칼슘성분을 활용하기 위함이다. 또한 내화보드 생산과정에서 오토클레이브(Autoclave) 양생과정의 생략을 통해 생산비용을 절감하기 위해 순수양생의 적용가능성을 검토하고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 고온단열(내화) 특성이 우수할 것으로 예상되는 굴 패각의 칼슘성분과 고온 환경에서 배출되는 건식공정 바텀애시를 골재로 활용하여 내화보드 시험편을 제작하였다. 이처럼 실험을 통하여 제작된 내화보드 시험편의 가열실험을 통해 이면상승온도를 측정하여 사용재료의 골재화 및 순수양생의 적용가능성을 검토하여 관련 연구의 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 개요

실험을 위해 사용재료를 대상으로 물리적 특성으로 밀도, 흡수율 및 조립률을 측정하였다. 분석결과를 바탕으로 KS L ISO 679에 준하여 배합설계를 통한 보드형태의 시험편을 제작하고 실험조건에 의한 가열실험을 통해 이면상승온도를 측정하였다[6]. 실험은 다음과 같이 인자와 수준을 결정하였다.

Table 1. Factors and level

| Factor                                      | Level         | Number of level |
|---|---------------|-----------------|
| Particle size of oyster shell(mm)           | 2.5, 5.0      | 2               |
| Particle size of dry process Bottom ash(mm) | 2.5, 5.0      | 2               |
| Heating temperature(°C)                     | 300, 600, 900 | 3               |

### 2.2 사용재료

실험에 사용된 재료는 건축 및 토목분야에서 일반적으로 사용되고 있는 포틀랜드 시멘트(1종)를 결합재(Binder)로 사용하였고, 통영지역 굴 양식장에서 발생하는 굴 패각과 보령 화력발전소에서 발생하는 건식공정 바텀애시를 골재로 사용하였다.

#### 2.2.1 시멘트(Binder)

본 실험에서 결합재로 사용한 시멘트는 국내 H사의 보통 포틀랜드 시멘트로 물리적·화학적 특성은 다음과 같다.

Table 2. Physical and chemical properties of cement

| Physical property            |                               |                                    |                                    |         |             |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------|-------------|
| Density (g/cm <sup>3</sup> ) | Fineness (cm <sup>2</sup> /g) | Unit water content (%)             | Compressive strength ratio(%)      |         |             |
| 3.15                         | 3,400                         | 100                                | 97                                 |         |             |
| Chemical property            |                               |                                    |                                    |         |             |
| CaO (%)                      | SiO <sub>2</sub> (%)          | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | MgO (%) | lg.loss (%) |
| 62.44                        | 21.12                         | 4.40                               | 3.19                               | 3.10    | 3.36        |

#### 2.2.2 굴 패각

본 실험에서 사용한 굴 패각의 형상은 다음과 같다. 사용 전 불순물을 제거하기 위해 수차례 세척한 후, 105±5°C의 건조로에서 중량의 변화가 없을 때까지 건조한 후, 2.5mm와 5.0mm로 체가름하여 사용하였다.



Figure 2. The image of the oyster shell

굴 패각의 물리적 특성은 다음과 같다. 밀도의 경우 1.94g/cm<sup>3</sup>로 흡수율은 10.01%로 나타나 잔골재로 사용되는 모래와 비교하여 밀도는 낮으나, 높은 흡수율을 가진 것으로 나타났다.

Table 3. Physical properties of oyster shell

| Division     | Physical property            |                            |                  |
|--------------|------------------------------|----------------------------|------------------|
|              | Density (g/cm <sup>3</sup> ) | Water absorption ratio (%) | Fineness modulus |
| Oyster shell | 1.94                         | 10.01                      | 5.05             |

굴 패각은 다량의  $\text{CaCO}_3$ 와 소량의  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 를 함유하고 있다. 굴 패각을 구성하고 있는 주성분표는 다음의 Table. 4와 같다.

Table 4. Chemical properties of aggregate(oyster shell)

| Major element          | Ratio(%) | Minor element           | Ratio(%) |
|------------------------|----------|-------------------------|----------|
| CaO                    | 87.5     | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 1.3      |
| $\text{SiO}_2$         | 3.8      | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 1.1      |
| $\text{P}_2\text{O}_3$ | 2.3      | MnO                     | 0.1      |
| $\text{K}_2\text{O}$   | 1.7      | SrO                     | 0.3      |

### 2.2.3 건식공정 바텀애시

본 실험에 사용된 바텀애시는 화력발전소의 건식공정을 통해 발생된 것을 입형 가공한 후에 분급하여 사용하였다. 사용 입도의 범위는 모르타르 골재범위에 적용될 수 있는 크기인 2.5mm와 5.0mm 두 종류이며, 형상은 다음과 같다.



Figure 3. The image of the dry process bottom ash

건식공정 바텀애시의 물리적 특성은 밀도  $1.35\text{g/cm}^3$ , 흡수율은 20.90%로 나타났다. 흡수율이 이처럼 큰 이유는 바텀애시가 공기 중에서 서서히 냉각하며 발생된 공극에 의해 많은 양의 수분을 흡수할 수 있기 때문인 것으로 판단된다.

Table 5. Physical properties of bottom ash

| Type           | Division                    | Physical property          |                  |  |
|----------------|-----------------------------|----------------------------|------------------|--|
|                | Density ( $\text{g/cm}^3$ ) | Water absorption ratio (%) | Fineness modulus |  |
| dry bottom ash | 1.35                        | 20.90                      | 5.08             |  |

기존의 습식 바텀애시와 달리 공기에 의해 냉각이 되면 낮은 미연탄 함유량과 해수를 사용하지 않아 낮은 염화물량을 가진다. 이러한 바텀애시의 화학성분은 다음과 같다.

Table 6. Chemical properties of aggregate(dry bottom ash)

| Major element           | Ratio(%) | Minor element        | Ratio(%) |
|-------------------------|----------|----------------------|----------|
| $\text{SiO}_2$          | 51.8     | $\text{TiO}_2$       | 2.4      |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 21.9     | $\text{K}_2\text{O}$ | 2.3      |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 13.7     | MnO                  | 0.3      |
| CaO                     | 7.5      |                      |          |

## 2.3 배합설계

본 실험은 용적배합에 의해 다음의 Table. 7과 같이 배합 설계 하였다. 공시체의 제작은 KS L ISO 679 에 준하였다.

Table 7. Mix design

| Group <sup>4)</sup> | ID                  | Unit weight( $\text{g/cm}^3$ ) |         |                    |                    |                    |                    |
|---------------------|---------------------|--------------------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                     |                     | Cement                         | W/C (%) | G2.5 <sup>1)</sup> | G5.0 <sup>1)</sup> | d2.5 <sup>2)</sup> | d5.0 <sup>2)</sup> |
| A                   | 3G2.5 <sup>3)</sup> | 1                              | 50%     | 3                  |                    |                    |                    |
|                     | 2G2.5+1d2.5         |                                |         | 2                  |                    | 1                  |                    |
|                     | 2G2.5+1d5.0         |                                |         | 2                  |                    |                    | 1                  |
| B                   | 3G5.0               |                                |         |                    | 3                  |                    |                    |
|                     | 2G5.0+1d2.5         |                                |         | 2                  |                    | 1                  |                    |
|                     | 2G5.0+1d5.0         |                                |         | 2                  |                    |                    | 1                  |
| C                   | 3d2.5               |                                |         |                    |                    | 3                  |                    |
|                     | 3d5.0               |                                |         |                    |                    |                    | 3                  |

\*G2.5, 5.0<sup>1)</sup> G(Grinding oyster shell)2.5, 5.0 : Oyster shell 2.5mm, 5.0mm  
 \*d2.5, 5.0<sup>2)</sup> d(dry bottom ash)2.5, 5.0 : dry(processed)bottom ash 2.5mm, 5.0mm  
 \*3G2.5<sup>3)</sup> : 3 in 3G represents the combination ratio of the materials used as fine aggregate based on the KS L ISO 679 standard.  
 \*Group4) : Group A G2.5, Group B G5.0, Group C d2.5, 5.0 used as fine aggregate based

## 2.4 실험방법

### 2.4.1 실험기기 : 전기로

실험에 사용된 전기로는 최고  $1,350^\circ\text{C}$ 까지 가열이 가능하며 실험을 위한 공간으로는 가로  $400\text{mm} \times$ 세로  $400\text{mm} \times$ 깊이  $360\text{mm}$ 로 이루어져 있으며, 다음 Figure 4와 같다.



Figure 4. An electric furnace

### 2.4.2 전기로가열실험 : 시험편의 설치 및 규격

시험편의 설치는 1면 가열을 위하여 전기로 문을 개방시킨 후, 발생되는 공간과 틈을 고온단열 재료로 막아 밀실하게 설치하였다. 시험편의 규격은 가로  $300\text{mm} \times$ 세로  $300\text{mm} \times$ 두께  $25\text{mm}$ 로 제작하였으며 가열 면과 이면에 대한 온도측정위치는 다음과 같다.



Figure 5. Heating experiment mimetic diagram and measure point

2.4.3 가열온도조건 : 온도구배

본 실험에서 가열을 통한 이면온도 측정을 위해 설정된 조건은 다음과 같다. 먼저 300℃까지 30분을 소요하여 가열하고, 2시간을 유지시킨 후, 다시 1시간 30분을 소요하여, 600℃에 도달한 후, 2시간을 유지시켰다. 다음으로 4시간을 소요해 900℃에 도달하도록 하였으며, 앞의 경우와 마찬가지로 2시간을 유지시켰다. 다음과 같은 온도조건은 전기로의 성능을 감안하여 설정하였다.

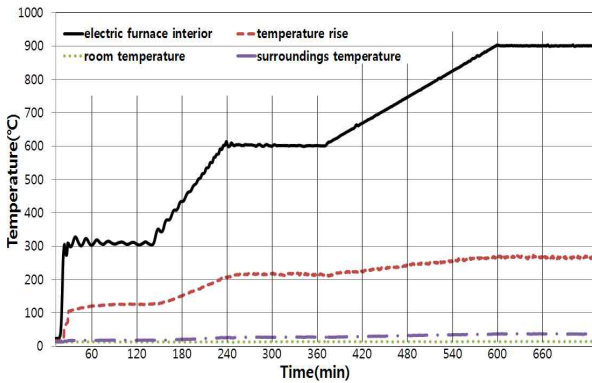


Figure 6. Conditions on the set time-temperature gradient

상기의 온도구배 그래프는 전기로의 설정된 조건에 따른 시간-온도구배를 나타낸 그래프이다. 전기로의 성능으로 인한 일부 오차는 있었으나, 설정조건과 일치하는 온도구배를 나타내고 있다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 이면온도

전기로 가열실험은 앞에서 제시한 조건에 따라 전기로의 온도를 300℃, 600℃, 900℃로 설정한 후 각 온도에서 일정시간을 유지하여 그에 따른 시험편의 이면온도를 측정

하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

Table 8. According to the back rise temperature

| ID          | before | 300℃  | 600℃  | 900℃  | Note    |
|-------------|--------|-------|-------|-------|---------|
| 3G2.5       | 18.7   | 107.5 | 203.8 | 276.9 | Group A |
| 2G2.5+1d2.5 | 16.5   | 104.3 | 201.1 | 263.8 |         |
| 2G2.5+1d5.0 | 20.4   | 103.1 | 200.7 | 264.9 |         |
| 3G5.0       | 18.9   | 119.6 | 210.1 | 252.1 | Group B |
| 2G5.0+1d2.5 | 17.4   | 116.7 | 206.8 | 250.5 |         |
| 2G5.0+1d5.0 | 17.3   | 119.5 | 205.3 | 249.2 |         |
| 3d2.5       | 19.5   | 125.1 | 207.7 | 271.2 | Group C |
| 3d5.0       | 14.7   | 119.2 | 205.3 | 263.1 |         |

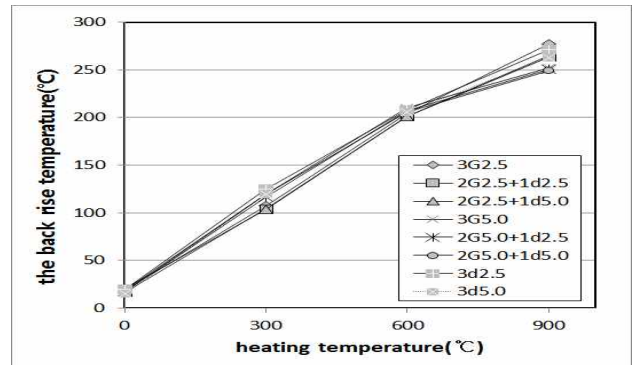


Figure 7. According to the back rise temperature

3.1.1 가열온도 300℃

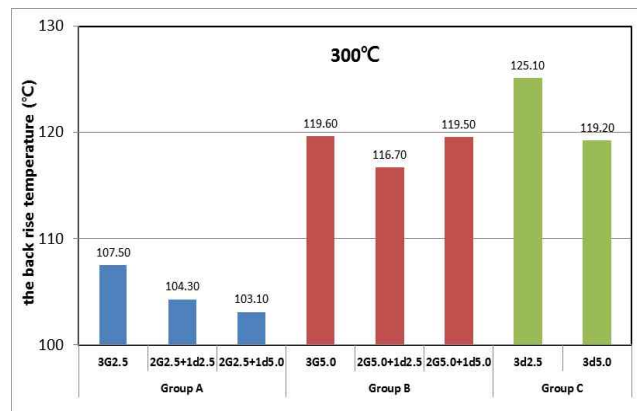


Figure 8. 300℃ in the back rise temperature

가열온도가 300℃일 때, Group A에 해당하는 3G2.5는 107.5℃로 나타났으며, 2G2.5+1d2.5는 104.3℃로 나타났다. 2G2.5+1d5.0은 103.℃로 나타나 300℃의 가열상황에서 가장 낮은 온도상승을 나타냈다. Group B에 해당하는 3G5.0은 119.6℃, 2G5.0+1d2.5는 116.7℃, 2G5.0+

1d5.0은 119.5℃로 나타났다. Group C에 해당하는 3d2.5는 125.1℃로 나타났으며, 3d5.0은 119.2℃로 나타났다. 실험결과 비교적 입도가 작은 굴 패각을 사용한 Group A에서 가장 낮은 이면온도 분포를 나타냈으며, 바텀애시의 경우 2G2.5+1d5.0과 3d5.0의 이면온도로 볼 때, 바텀애시의 사용을 기준으로 입도가 큰 것을 사용하는 것이 온도상승이 낮은 것으로 나타났다.

### 3.1.2 가열온도 600℃

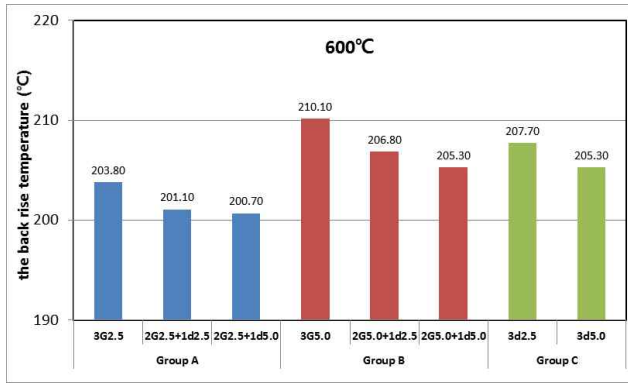


Figure 9. 600℃ in the back rise temperature

가열온도가 600℃일 때, Group A의 3G2.5에서는 203.8℃, 2G2.5+1d2.5는 201.1℃로 나타났으며, 2G2.5+1d5.0은 200.7℃로 나타났다. Group B의 3G5.0에서는 210.1℃, 2G5.0+1d2.5에서는 206.8℃로 나타났으며, 2G5.0+1d5.0의 경우 205.3℃로 나타났다. Group C의 3d2.5는 207.7℃로, 3d5.0은 205.3℃로 나타났다. 600℃의 가열상황에서도 300℃에서와 마찬가지로 입도가 작은 굴 패각을 사용한 Group A의 경우 가장 낮은 이면온도분포를 나타냈다. 하지만 300℃의 가열조건에서보다 이면온도 차가 줄어든 것으로 나타나 Group A 시험편의 경우 기밀함으로 인한 열전달 지연효과에 의해 이면온도가 낮았던 것으로 판단된다.

### 3.1.3 가열온도 900℃

가열온도가 900℃일 때, Group A에 해당하는 3G2.5는 276.9℃로 높은 온도상승을 나타냈으며, 2G2.5+1d2.5에서는 263.8℃로, 2G2.5+1d5.0에서는 264.9℃로 나타났다. Group B에 해당하는 3G5.0은 900℃에서 252.1℃, 2G5.0+1d2.5는 250.5℃로 나타났다. 2G5.0+1d5.0에

서는 249.2℃로 나타났다. Group C의 3d2.5는 271.2℃로 나타났으며, 3d5.0에서는 263.1℃로 나타났다.

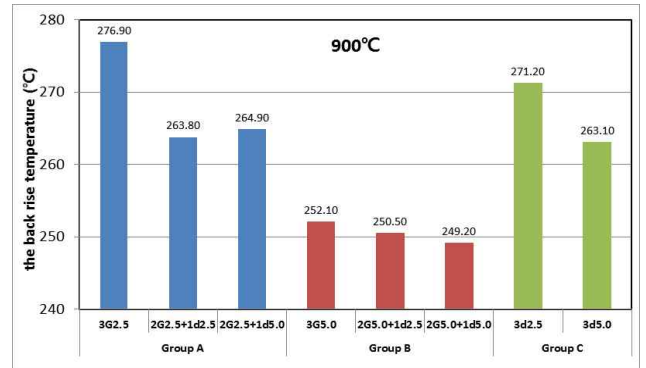


Figure 10. 900℃ in the back rise temperature

Group A의 경우 300, 600℃와 달리 가장 높은 이면온도를 나타냈다. 이는 앞선 600℃의 가열실험조건에 의한 결과의 고찰과 마찬가지로 입도가 작은 굴 패각을 사용한 시험편의 기밀성에 의한 열전달 지연효과와 이에 대한 한계성으로 판단된다. 하지만 열전달 지연시간을 가열실험 조건에 비추어 볼 때, 이면온도 250℃를 기준으로 가열시간을 포함하여 2시간 이상의 열전달 지연효과가 있음을 알 수 있다. 또한 비교적 입도가 큰 굴 패각을 사용한 Group B의 경우에서 249.2~252.1℃의 이면온도분포를 나타내, 분쇄된 굴 패각이 열 저항 성능을 갖고 있는 것으로 판단된다.

## 3.2 그룹별 이면온도

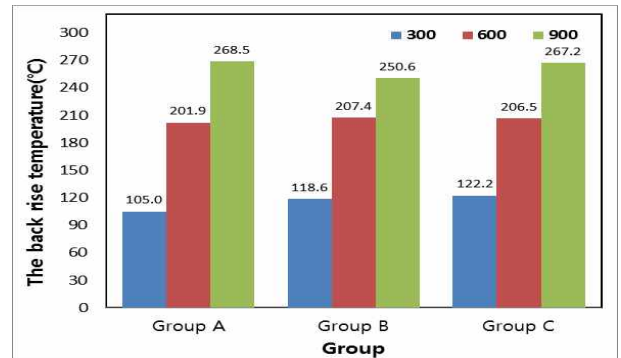


Figure 11. According to heating temperature the back rise temperature comparison

### 3.2.1 가열온도 300℃

전기로 가열온도 300℃에서 Group A와 Group B의 온

도 차이는 13.6℃로 Group A가 낮은 것으로 나타났고, Group A와 Group C의 경우에는 17.2℃차이로 Group A가 낮은 것으로 나타났다.

### 3.2.2 가열온도 600℃

전기로 가열온도 600℃에서 Group A와 Group B의 온도 차이는 5.5℃로 Group A가 낮은 것으로 나타났고, Group A와 Group C의 경우에는 4.6℃차이로 Group A가 낮은 것으로 나타났다. Group B와 Group C를 비교하였을 때, 0.9℃차로 Group C가 온도상승이 낮은 것으로 나타났다.

### 3.2.3 가열온도 900℃

전기로 가열온도 900℃에서 Group A와 Group B의 온도 차이는 17.9℃로 Group A가 높은 것으로 나타났고, Group A와 Group C의 경우에는 Group A가 1.3℃ 높은 것으로 나타났다. Group B의 경우 250.6℃로 나타나 900℃의 가열상황에서 가장 온도상승이 낮은 것으로 나타났다.

그룹별로 가열온도조건에 의한 평균이면온도 값의 비교 결과 가열온도 300℃의 경우 Group A에서 가장 낮은 이면온도 값을 나타냈으며, 실험조건 상의 최고온도인 900℃의 경우 Group B에서 가장 낮은 이면온도로 나타났다. 비교적 사용재료의 입도차이가 크지 않음에도 가열조건에 따른 열 전달 지연효과가 다르게 나타나는 것을 알 수 있으며, 가열 온도조건에 의한 이면온도가 재료에 따른 차이를 감안하고 비례적으로 상승하며, 일정온도 범위에서 형성되고 있는 것으로 볼 때 내화성능이 발휘되는 것으로 판단된다.

## 3.3 가열에 따른 온도변화

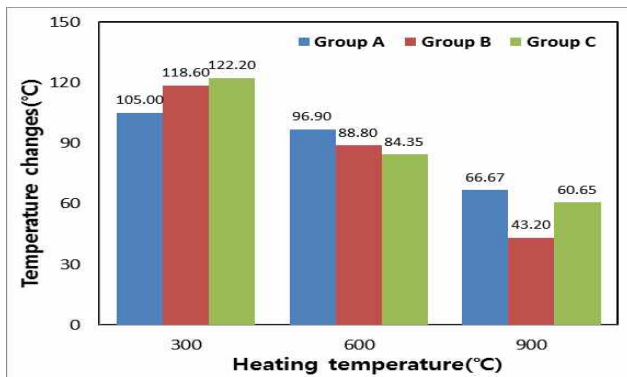


Figure 12. Comparison of temperature variation to the heating by group

### 3.3.1 Group A

Group A 배합의 경우 가열온도 300℃에서 600℃로 가열하여 유지되는 동안 96.9℃의 온도상승이 나타났고, 600℃에서 900℃로 가열하고 유지되는 동안 약66.7℃의 온도상승이 나타났다. 전기로 가열온도 300℃에서 유지되어 측정된 이면온도를 기준으로 900℃까지 가열하여 유지되는 동안의 온도변화는 163.5℃로 나타났다.

### 3.3.2 Group B

Group B 배합의 경우 가열온도 300℃에서 600℃로 가열하고 유지하였을 때, 88.8℃의 온도상승이 나타났고, 600℃에서 900℃로 가열하고 유지되는 동안에는 43.2℃의 온도 변화를 나타냈다. 전기로 가열을 통한 300℃ 온도조건에서 측정된 이면온도를 기준으로 900℃까지 가열하여 유지되는 동안의 온도변화는 132.0℃로 나타났다.

### 3.3.3 Group C

Group C 배합의 경우 가열온도 300℃에서 600℃로 가열하여 유지하였을 때, 약84.4℃의 온도변화를 나타냈으며, 600℃에서 900℃로 가열하고 2시간동안 유지하였을 때, 약60.7℃의 온도상승이 있었다. 전기로 가열온도 300℃에서 유지되어 측정된 이면온도를 기준으로 900℃까지 가열하여 유지되는 동안의 온도변화는 145.0℃로 나타났다.

실험결과 300℃의 가열조건에 의한 이면온도상승이 완료된 이후, 600, 900℃의 가열조건에 의한 그룹별 온도변화를 살펴보면, Group B가 132.0℃의 온도변화로 가장 낮은 온도변화를 나타냈다. 결과적으로 실험조건 내에서 입도가 큰 굴 패각의 경우가 내화성능이 가장 우수한 것으로 나타났으며, 다른 그룹에서도 온도변화의 범위가 지속적으로 줄어드는 것으로 볼 때, 실험에 사용한 재료의 경우 모두 내화성능을 발휘하는 것으로 판단된다.

## 3.4 표면상태

전기로에 의한 가열실험 결과 일부에서 표면에 육안으로 구분이 가능한 균열은 발생되었으나, 파괴되거나 폭렬 등의 발생은 없는 것으로 나타났다.



Figure 13. After (the first the left) former heating and heating surface condition

#### 4. 결 론

굴 패각과 건식공정 바텀애시를 활용한 내화보드의 가열 실험을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 전기로 가열실험에 의한 내화보드시험편의 온도분포는 300℃ 가열상황에서 103.1℃~125.1℃로, 600℃의 가열상황에서 201.1℃~210.1℃로, 900℃의 가열상황에서 249.2℃~276.9℃의 범위로 나타났다.
- 2) Group A의 경우 300℃와 600℃에서 105.0℃와 201.9℃로 가장 낮은 이면온도를 나타냈으나, 900℃의 가열상황에서 Group B가 250.6℃로 가장 낮은 이면온도를 나타냈다.
- 3) 내화보드시험편의 이면온도곡선의 구배에 나타난 것과 같이 가열 후 지속적인 온도상승이 아닌 일정온도상승 이후 유지되는 것으로 나타나 내화성능이 발휘되는 것으로 판단된다.
- 4) 실험의 결과로 유추할 때, 입자의 크기가 작을 경우 600℃까지는 내화성능이 상대적으로 우수하지만, 그 이상의 온도에서는 입자의 크기가 큰 경우, 많은 공극을 포함하여 열전달이 지연되는 것으로 판단된다.

#### 요 약

본 연구는 산업폐기물로 발생하는 굴 패각과 건식공정 바텀애시를 골재로 활용하여 제작된 내화보드의 가열실험을 통한 성능에 관한 연구이며 다음과 같은 결론을 도출하였다. 전기로 가열실험을 통해 나타난 시험편의 이면온도는 300℃ 가열상황에서 103.1℃~125.1℃로, 600℃의 가열상황에서 201.1℃~210.1℃로, 900℃의 가열상황에서 249.2℃~276.9℃의 범위로 나타났다. 내화보드 시험편의 경우 일정온도상승 이후 유지되는 것으로 나타나 사용재료들의 경우 내화성능이 발휘되는 것으로 판단된다. 실험의

결과로 유추할 때, 입자의 크기가 작을 경우 600℃까지는 내화성능이 상대적으로 우수하지만, 그 이상의 온도에서는 입자의 크기가 큰 경우 많은 공극을 포함하여 열전달이 지연되는 것으로 판단된다.

**키워드** : 굴 패각, 건식공정 바텀애시, 내화보드, 가열실험, 산업폐기물

#### References

1. Seo CH, Fire material, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2003 Jun;3(2):56-62.
2. Jung UI, (A) Study on Performance of Fire-Proof Board Using Oyster Shell and dry Bottom Ash [Master's thesis], [Cheonan]: Kongju National University; 2014. 1p.
3. Jung UI, Kim BJ, Heating Experiment of fireproof Board using Bottom ash and Oyster shell, Proceeding of Korean Recycled Construction Resource Institute; 2014 Nov 7; Seoul, Korea, Seoul (Korea): Korean Recycled Construction Resource Institute; 2014. p. 60-3.
4. Fire resistive construction [Internet]. Korea: Ministry of Government Administration and Home Affairs - Policy Research Information Services, 2014. -[cited 2015 January 23]. Available from: <http://www.prism.go.kr/>
5. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Certificate of Accreditation of Fire Resistant Construction and management standard, Seoul:Ministry of Land, Infrastructure and Transport; 2012. 1-4p.
6. Korean Industrial Standards, Methods of testing cements-Determination of strength [KS L ISO 679]. Seoul: Korean Agency for Technology and Standards, 2006. 3-13 p.