

굴 패각을 잔골재로 활용한 내화모르타르의 잔존강도 특성

Remaining Strength of Fireproof Mortar using the Oyster Shell as a Fine Aggregate

정 의 인 김 봉 주*

Jung, Ui-In Kim, Bong-Joo*

Department of Architectural Engineering, Kongju National University, Cheonan-si, Chungnam, 31080, Korea

Abstract

This study classified oyster shells that produced as a industrial waste into 3 distribution by washing, drying and processing them. Mortar specimens with a constant ratio by using this to substitute fine aggregates were made, and the specimens were heated under the heating conditions of 300°C, 600°C and 900°C based on the 28-day age. On the age of 28 days, the plain flexural strength was found to be 9.2MPa, and in O 0.15, it was shown to be 4.4~7.9MPa depending on the substitution rate. It was found to be 4.4~7.7MPa in O 1.2~2.5 depending on the substitution rate, and last but not least, it was shown to be 6.1~8.8MPa in case of O 2.5~5.0 depending on the substitution rate. In case of the compressive strength of the 28-day age, it showed the difference of 23.6~43.2MPa in O 0.15 depending on the substitution rate, and 20.4~45.1MPa in O 1.2~2.5 depending on the substitution rate, and last but not least, 17.1~40.4MPa in case of O 2.5~5.0. As a result of measuring the residual strength through heating, in case of substituting fine aggregates less than O 0.15 by 100%, it showed the lowest strength reduction ratio, and it is expected that the heat-resisting property could be achieved through processing and proper mixing of oyster shells through these results.

Keywords : oyster shell, fireproof mortar, remaining strength

1. 서 론

경제 발전에 따라 건축은 비약적인 발전을 이루었고, 건축물의 대형화, 고층화, 도시의 인구집중과 대지이용의 극대화를 위한 복합적 용도의 건물들도 증가되었다. 하지만 이와 함께 재해에 대한 위험성 또한 마찬가지로 증가하고 있다 [1]. 일반적으로 건축물에 사용되는 콘크리트는 경제성과 성능이 우수하여, 강재와 함께 각종 구조물의 재료로 사용되고 있다. 콘크리트는 타 재료와 비교하여 내화능력이 우수한 재료로 평가되고 있지만, 고온의 화재에서 장시간 화열을

받게 되면 성능저하가 크게 발생하는 것으로 알려져 있다. 최근에는 고층빌딩, 철도, 고속도로, 지하철 등의 기반시설 증가에 따라 터널 및 지하구조물도 증가되고 있으며, 가스 및 석유류 등의 위험물의 보관, 사용 및 적재하는 차량사고의 경우, 대형화재로 연결되어 터널구조의 안전문제와 더불어 경제적 손실을 초래할 수 있다[2].

또한 폐쇄된 공간인 지하공간 및 터널 내에서의 화재는 콘크리트 구조체의 폭렬에 따라 강도저하 및 구조물(건물 또는 터널 등) 붕괴까지 이르는 등 기반시설에 커다란 장애를 유발할 수도 있다. 기계실, 지하구조물 등에서 발생하는 화재의 경우 폐쇄적인 공간임과 동시에, 유류화재(1,000°C 이상)에 해당하여 초고온의 상황이 발생되며, 더욱이 폭발 등이 발생할 경우 기존에 주로 사용되는 뿔철과 같은 내화마감의 박락으로 구조손상에 대한 문제가 발생하기도 한다[3].

한편 지정 산업폐기물로 알려진 굴 패각은 일반모래에 비

Received : June 19, 2017

Revision received : July 19, 2017

Accepted : September 21, 2017

* Corresponding author : Kim, Bong-Joo

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

©2017 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

하여 경량이며, 투수와 전단강도의 특성은 모래와 유사한 것으로 나타났다. 또한 파쇄가능성은 크지만 현실적인 하중 조건에서는 파쇄가 그다지 크게 발생하지 않는 것으로 보고 되었다[4]. 또한 굴 폐각은 CaCO₃ 성분을 다량 함유하고 있어 기존 시장에서 판매되는 내화보드인 마그네슘보드 및 칼슘내화보드 중 칼슘보드 원료인 칼슘의 대체가 가능하며 내화성능 발휘에 도움을 줄 수 있을 것으로 예상된다[5].

따라서, 본 연구에서는 이러한 굴 폐각을 잔골재로 활용하여 모르타르 시험체를 제작하고 굴 폐각의 잔골재 대체율에 따른 재령별로 강도 값과 가열온도에 따른 잔류강도를 측정하여 비교하였다. 이를 통해 고온단열(내화) 특성이 우수한 것으로 알려진 굴 폐각의 칼슘성분 활용성 검토를 통해 내화 관련 연구의 기초자료를 제공하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

실험체를 제작함에 있어 유동성 및 실험체의 성형 등을 고려하여 Flow는 200±10mm를 기준으로 하였다. 굴 폐각을 잔골재로 활용하여 가열 후 잔류강도 특성의 측정을 위한 인자와 수준은 다음의 Table 1과 같다.

Table 1. Factors and levels

Factor	Levels	Number of levels
Particle size of oyster shell(mm)	0.15Under, 1.2~2.5, 2.5~5.0	3
Replacement Rate(%)	25, 50, 75, 100	4
Heating temperature(°C)	300, 600, 900	3

본 실험은 용적배합에 의해 다음의 Table 2와 같이 배합 설계 하였다. 실험체의 제작방법은 KS L ISO 679 에 준하였다[6].



Figure 1. The image of the oyster shell

Table 2. Mix design

ID	Unit weight(g/cm ³)			
	Cement	S ^(N1)	O0.15 ^(N2)	O1.2 O2.5
Plain		3.00		
OSA0.15U 25% ⁽³⁾		2.25	0.75	
OSA0.15U 50%		1.50	1.50	
OSA0.15U 75%		0.75	2.25	
OSA0.15U 100%			3.00	
OSA1.2 25%		2.25		0.75
OSA1.2 50%	1	1.50		1.50
OSA1.2 75%		0.75		2.25
OSA1.2 100%				3.00
OSA2.5 25%		2.25		0.75
OSA2.5 50%		1.50		1.50
OSA2.5 75%		0.75		2.25
OSA2.5 100%				3.00

Note 1) S : Sand

Note 2) O(Oyster shell)0.15, 1.2, 2.5 : Oyster shell(subscript is particle size)

Note 3) OSA0.15U 25% : 25% is aggregate replacement ratio

2.2 사용재료

본 연구의 실험에 사용된 재료는 먼저 일반적으로 사용되는 1종 포틀랜드 시멘트를 결합재(Binder)로 사용하였으며 국내 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

골재는 두 종류를 사용하였으며, 첫 번째는 KS L ISO 679에서 규정하는 표준사로, 1,350g으로 규격화되어 판매 되는 제품을 사용하였다[6]. 두 번째는 통영지역 굴 양식장에서 발생되는 굴 폐각을 잔골재(Fine aggregate)로 사용 하였다. 굴 폐각의 형상은 상기의 Figure 1과 같다. 사용 전 불순물을 제거하기 위해 세척한 후, 100±5°C의 건조로 에서 중량의 변화가 없을 때까지 건조한 후, 커터 밀을 이용하여 분쇄하였으며, 0.15mm 이하와 1.2~2.5mm, 2.5~5.0mm로 체가름 하였다. 굴 폐각의 물리적 특성은 다음의 Table 3과 같다. 밀도의 경우 1.78~2.13g/cm³로 흡수율은 10.0%로 나타나 잔골재로 사용되는 모래와 비교하여 밀도는 낮으나, 높은 흡수율을 가진 것으로 나타났다. 굴 폐각은 서론에서 언급한 바와 같이 CaCO₃가 주성분이며, 소량의 SiO₂, Al₂O₃를 함유하고 있다. 또한 기존의 연구결과에 의하면 굴 폐각에 함유되어 있는 CaCO₃의 경우 800°C이상으로 가열하였을 때, 산화칼슘(탈탄산 반응) 형태로 존재하는 것으로 나타났다[7]. 굴 폐각을 구성하고 있는 주성분표는 다음의 Table 4에 나타났다.

Table 3. Physical properties of oyster shell

Division	Physical property		
	Density (g/cm ³)	Water absorption ratio (%)	Fineness modulus
Type			
Oyster shell	1.78~2.13	10.01	3.97~4.92

Table 4. Chemical properties of aggregate(oyster shell)

Great quantity of element	Ratio(%)	Small quantity of element	Ratio(%)
CaCO ₃	92.1	Fe ₂ O ₃	1.3
SiO ₂	3.8	Al ₂ O ₃	1.1
P ₂ O ₅	2.3	MnO	0.1
K ₂ O	1.7	SrO	0.3

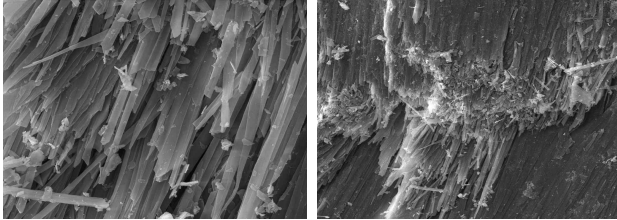


Figure 2. SEM image of oyster shell(left 10µm, right 50µm)

XRF의 분석결과로 볼 때, 수분의 증발과 유기물질의 손실로 인한 중량감소가 일어난 것으로 예측되며, 이러한 중량의 손실을 감안하여 계산할 때, CaCO₃의 함유량은 92.1%인 것으로 나타났다. 주성분과 광물상의 경우 천연 석회석과 동일한 것으로 나타났다. 다음의 Figure 2는 굴 패각을 주사전자현미경으로 확대한 것으로 얇은 판상형의 방해석 구조와 침상형으로 이루어져있으며, 파쇄 등에 의해 다소 거친 면이 나타난 것을 볼 수 있다.

2.3 실험방법

2.3.1 실험체 제작 및 실험방법

실험체의 제작은 KS L ISO 679 규정에 의해 40mm×40mm×160mm로 제작하였다. Plain에 대하여 각각의 입도별로 25%, 50%, 75%, 100%까지 대체하였다.

굴 패각의 입도별 잔골재 대체율에 따른 강도특성 검토를 위해 3일, 7일, 28일의 재령별로 강도를 측정하였으며, 28일 재령을 기준으로 건조로에서 중량의 변화가 없도록 건조시킨 후, 300℃, 600℃, 900℃로 2시간씩 전기로를 사용하여 가열 후 3시간 이상 자연 냉각하여 잔존하는 강도를 측정하였다.

2.3.2 실험기기 : 전기로

실험에 사용된 전기로는 최고 1,350℃까지 가열이 가능하며 가로 400mm×세로 400mm×깊이 360mm로 이루어져 있다. 장비의 이미지는 다음 Figure 3과 같다.



Figure 3. An electric furnace

3. 실험결과 및 고찰

3.1 대체율 및 재령에 따른 강도특성

굴 패각의 입도별 대체율에 따른 강도특성에 관한 실험결과와 Plain을 기준으로 모든 입도에서 마찬가지로 대체율이 증가할수록 강도는 저하하는 결과가 나타났다. Figure 4와 Figure 5는 입도별 대체율에 따른 재령별 휨강도 및 압축강도를 나타낸다.

굴 패각의 경우 자체적으로 보유하고 있는 공극에 의해 모르타르 내부 공극량을 증가시켜 이에 따른 강도감소가 발생되는 것으로 판단된다.

압축강도에 비하여 휨강도가 그래프 상으로 강도 값의 저하가 적은 이유는 앞서 언급된 것과 같이 굴 패각의 침상형 구조가 휨강도에 긍정적인 영향을 준 것으로 판단된다. 또한 압축강도의 경우 굴 패각의 입도가 클수록 강도 값의 저하가 비교적 작아지는 것을 알 수 있었다. 이는 굴 패각의 입도가 클수록 그 형태가 모래와 유사한 형태를 나타내어 상대적으로 강도 값 저하를 보완해준 것으로 판단된다.

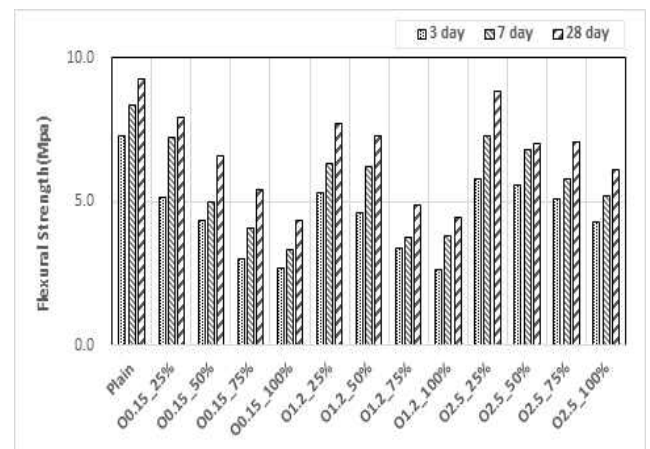


Figure 4. Flexural strength(before heat)

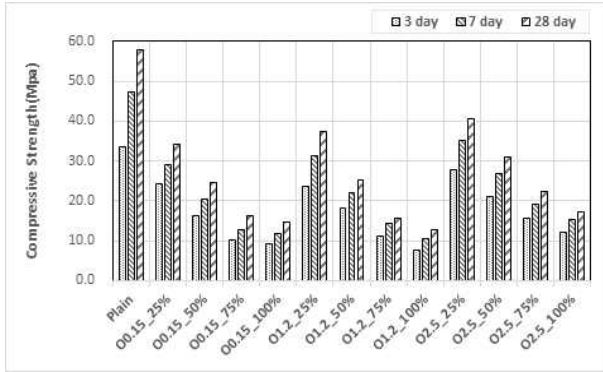


Figure 5. Compressive strength(before heat)

3.1.1 휨강도

3일 재령의 경우 O 1.5 25% 대체의 경우, 5.2MPa로 기준인 Plain(3일 휨강도 7.3MPa)에 비해 2.1MPa 낮았으며, 100%대체했을 때, 2.7MPa로 4.6MPa 낮아지는 것으로 나타났다. O 1.2~1.5의 경우 25% 대체했을 때 5.3MPa로 2.0MPa 낮아지는 것으로 나타났으며, 100% 대체했을 때, 2.6MPa로 4.7MPa 낮아지는 것으로 나타났다. O 2.5~5.0의 경우 25% 대체했을 때, 5.8MPa로 Plain에 비하여 1.5MPa 낮아졌으며, 100% 대체의 경우, 4.3MPa로 3.0MPa 낮아져 다른 실험체에 비하여 가장 높은 휨강도를 나타냈다(Figure 6).

재령 7일에서 Plain은 8.3MPa로 나타났으며, O 0.15의 경우 25~100% 대체하였을 때, 1.1~5.0MPa로, O 1.2~2.5의 경우, 2.0~4.5MPa로 나타났으며, 마지막으로 O 2.5~5.0의 경우 1.0~3.1MPa로 앞선 3일 재령과 비슷한 경향으로 나타났다(Figure 7).

재령 28일에서 Plain 휨강도는 9.2MPa으로 나타났으며, O 0.15에서는 대체율에 따라 7.9MPa, 6.6MPa, 5.4MPa, 4.4MPa로 나타났다. O 1.2~2.5에서는 대체율에 따라 7.7MPa, 7.3MPa, 4.9MPa, 4.4MPa으로 나타났으며, 마지막으로 O 2.5~5.0의 경우에는 대체율에 따라 8.8MPa, 7.0MPa, 7.1MPa, 6.1MPa로 나타났다(Figure 8).

굴 패각의 입도별 대체율에 따른 실험결과 모든 배합에서 굴 패각의 증가에 따라 강도 값은 저하되는 것으로 나타났으며, 이러한 강도 값의 저하는 75%를 대체할 때 가장 크게 저하되는 것으로 나타났다. 또한 실험결과로 판단할 때, 굴 패각을 골재로 활용하여 휨강도를 발현하기 위해서는 O 2.5~5.0의 입도를 25% 이하로 사용하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

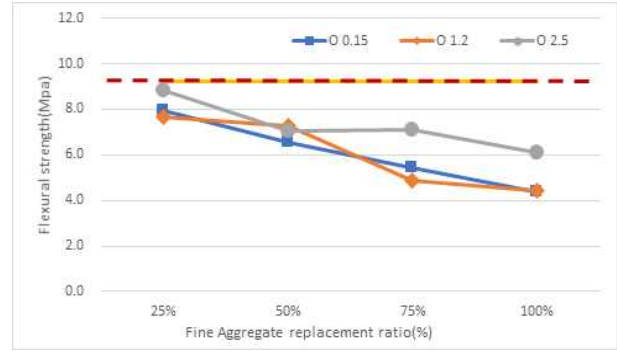


Figure 6. Flexural strength of material age 28days

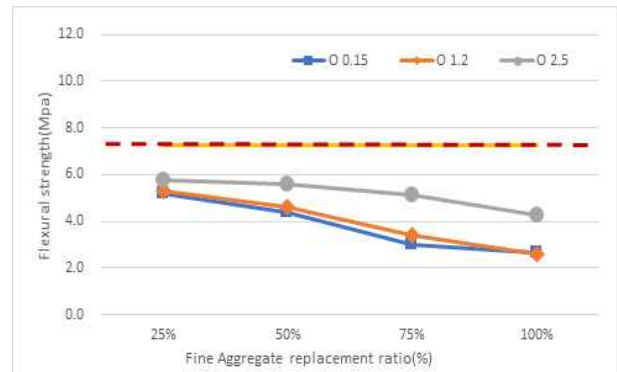


Figure 7. Flexural strength of material age 3days

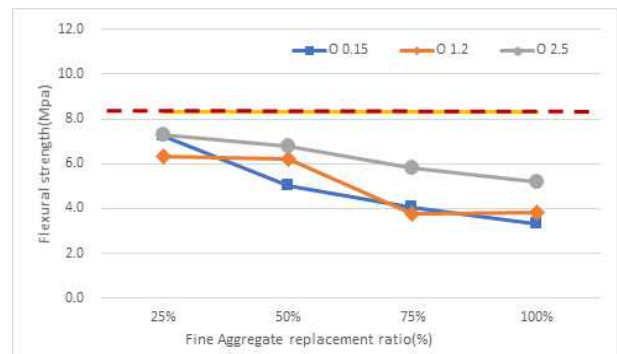


Figure 8. Flexural strength of material age 7days

3.1.2 압축강도

압축강도의 경우, O 1.5 이하를 25% 대체하였을 때, 24.3MPa로 기준인 Plain(3일 압축강도 33.5MPa)과 비교하여 9.2MPa이 낮아진 것을 알 수 있으며, 대체율의 증가에 따라 17.2MPa, 23.4MPa, 24.2MPa의 차이가 나타났다. O 1.2~2.5의 경우 25~100%를 대체했을 때, 9.7~25.9MPa의 강도 저하 값의 범위로 나타났고, O 2.5~5.0에서는 5.6~21.3MPa의 강도 저하 값의 범위를 나타내어 굴 패각의 입도범위가 증가할 경우, 동일한 대체율에서 대체

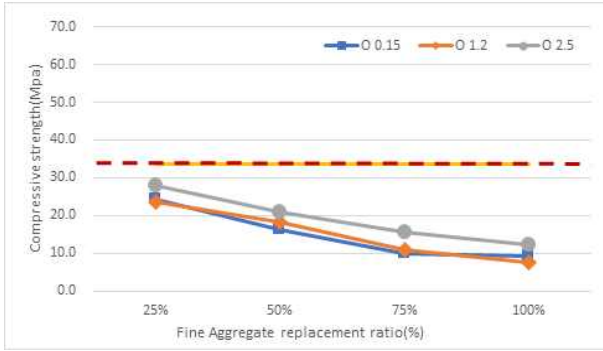


Figure 9. Compressive strength of material age 3days

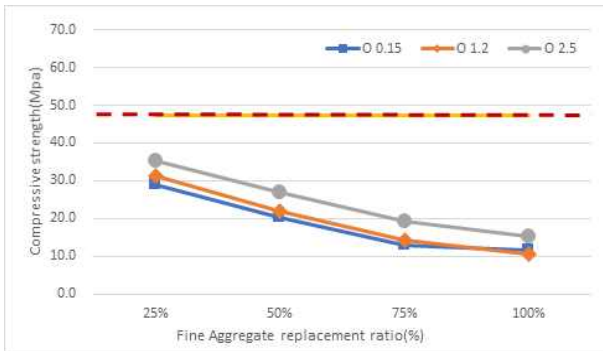


Figure 10. Compressive strength of material age 7days

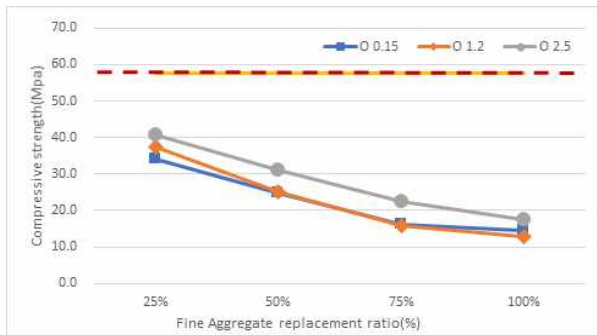


Figure 11. Compressive strength of material age 28days

적으로 강도 값의 저하가 낮아지는 것을 알 수 있었다 (Figure 9).

재령 7일 압축강도의 경우도 휨강도와 마찬가지로의 경향을 나타냈지만, 앞선 경우와 마찬가지로 O 1.2~2.5에서 100% 대체했을 경우, 가장 강도가 낮은 것으로 나타났다 (Figure 10).

재령 28일 압축강도의 경우, O 0.15에서는 대체율에 따라 23.6MPa, 33.0MPa, 41.5MPa, 43.2MPa의 차이를 나타냈으며, O 1.2~2.5에서는 대체율에 따라 20.4MPa, 32.6MPa, 42.0MPa, 45.1MPa의 차이로 나타났고, 마지막으로 O 2.5~5.0의 경우 17.1MPa, 26.7MPa, 35.4MPa,

40.4MPa의 강도 값의 저하가 나타났다. 굴 패각의 입도차이에 따라 비례적인 결과 값이 아닌 오차의 발생은 기준 Flow(200±10mm)를 위해 추가되는 물의 양이 오차범위 내에서 더 많았기 때문인 것으로 분석된다(Figure 11).

3.2 가열조건에 따른 잔존강도 특성

전기로 가열실험은 앞에서 제시한 조건에 따라 전기로의 온도를 300℃, 600℃, 900℃로 설정한 후 각 온도에서 일정하게 2시간씩 유지하였으며, 그에 따른 실험체의 잔존강도를 측정하였다.

3.2.1 가열온도 300℃

가열온도가 300℃일 때, 휨강도는 28일 재령에 대비하여 Plain의 경우, 11.7% 증가한 10.3MPa로 나타났으며, O 0.15의 경우, 대체율에 따라 각각 8.7MPa, 6.6MPa 7.1MPa, 5.9MPa로 나타나 300℃의 가열조건에서 강도 값이 같거나 증가하는 것으로 나타났다. O 1.2~2.5에서는 모든 대체율에서 감소하는 것으로 나타났으며, 감소율이 가장 낮은 것은 100% 대체일 때 11.6%인 것으로 나타났다. O 2.5~5.0의 경우에는 대체율에 따라 29~35%의 범위에서 강도 값이 감소하는 것으로 나타났다(Figure 12).

압축강도의 Plain의 기준강도의 경우 가열 후, 70.4MPa로 28일 재령과 비교하여 21.8% 증가한 것으로 나타났다.

O 0.15에서는 대체율이 증가함에 따라 강도 값도 37.3~72.2%까지 강도의 증가가 뚜렷하게 나타났으며, O 1.2~2.5의 경우에도 휨강도 잔존강도 결과와 달리 30%내에서 강도 값의 증가가 나타났다. 마지막으로 O 2.5~5.0의 경우 가장 낮은 강도 증가율을 보였으며, 7.4~18.7%의 강도 증가를 보였다(Figure 13).

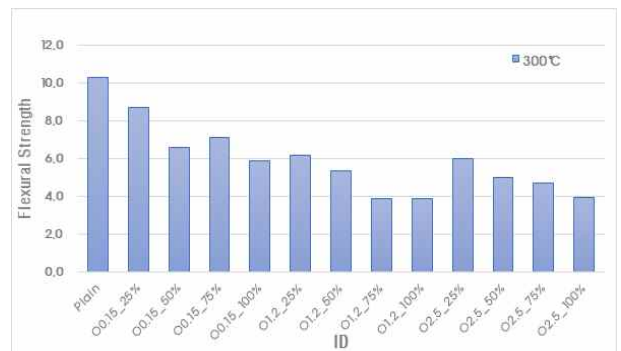


Figure 12. 300°C Remaining flexural strength

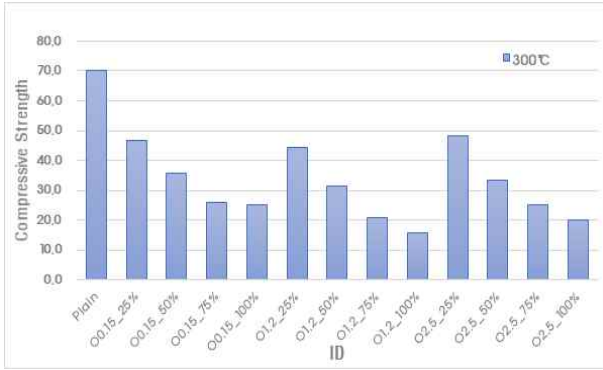


Figure 13. 300°C Remaining compressive strength

고온을 받게 되는 모르타르의 경우 내부 화학적 결합수의 탈수작용 및 화학적 변화에 의해 조직이 변화되며, 구성재료의 물리적 성질 차에 의해 내부에 미세한 균열을 발생시킨다 [2]. 그러나 본 실험에서는 내부 결합수에 의한 균열과 실험체별로 다르게 흡수되어 있는 수분에 의한 오차를 방지하기 위해 사전에 내부수분을 건조하여 증발시킨 후, 실험하였으며 결과를 볼 때, 화학적으로 결합되어있는 겔 구조는 약해진 반면, 수화물 면의 부착력 증가로 강도 상승이 일어난 것으로 판단된다.

3.2.2 가열온도 600°C

가열온도가 600°C일 때, 휨 강도는 28일 재령에 대비하여 Plain을 포함하여 모두 크게 감소하는 것으로 나타났다. 감소율은 O 2.5~5.0을 25% 대체한 실험체에서 71.1%로 가장 높은 강도 감소율을 나타냈으며, 반대로 감소율이 가장 작은 경우는 O 0.15를 100% 대체한 것으로 15.1%로 나타났다 (Figure 14).

압축강도의 경우도 잔류 휨강도 측정결과와 마찬가지로 Plain을 비롯하여 모든 실험의 결과에서 강도 값이 감소하는 것으로 나타났으며, Plain의 경우 27.1%의 강도 감소율로 나타났고 가장 낮은 강도 감소율은 앞선 결과와 마찬가지로 O 0.15를 100% 대체하였을 때로 23.3%의 강도 감소율로 나타났다(Figure 15).

일반적인 콘크리트의 특성으로 540°C 이상에서 균열이 심하게 발생하는 것과 마찬가지로 600°C로 지속적인 가열을 받은 모르타르도 균열이 크게 발생되었으며 또한 내부에 석영질암 등이 팝아웃을 일으켜 강도저하를 더욱 크게 유발한 것으로 판단된다.

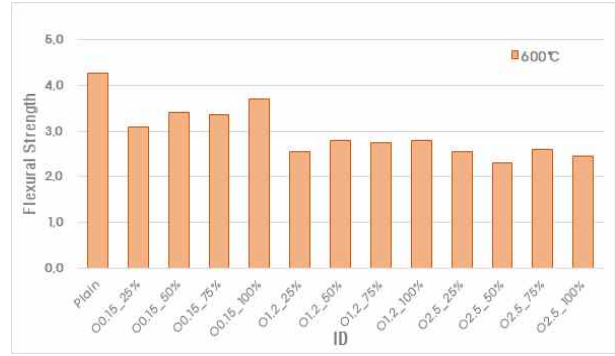


Figure 14. 600°C Remaining flexural strength

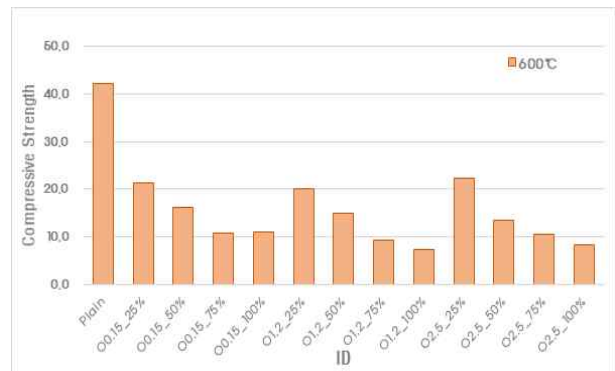


Figure 15. 600°C Remaining compressive strength

3.2.3 가열온도 900°C

가열온도가 900°C일 때, 휨 강도는 28일 재령에 대비하여 Plain을 비롯하여 모두 크게 감소하는 것으로 나타났다.

감소율은 O 0.15를 100% 대체한 경우 66.7%로 가장 낮은 강도 감소율을 나타냈으며, 다른 실험체의 경우 87.3~94.6%까지의 강도 감소율을 나타냈다(Figure 16).

압축강도의 경우도 잔류 휨강도 측정결과와 마찬가지로 Plain을 비롯하여 모든 실험의 결과에서 강도 값이 감소하는 것으로 나타났으며, Plain의 경우 81.6%의 강도 감소율로 나타났고 가장 낮은 강도 감소율은 앞선 결과와 마찬가지로

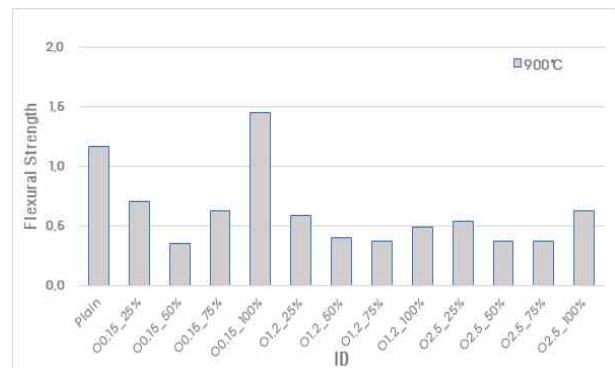


Figure 16. 900°C Remaining flexural strength

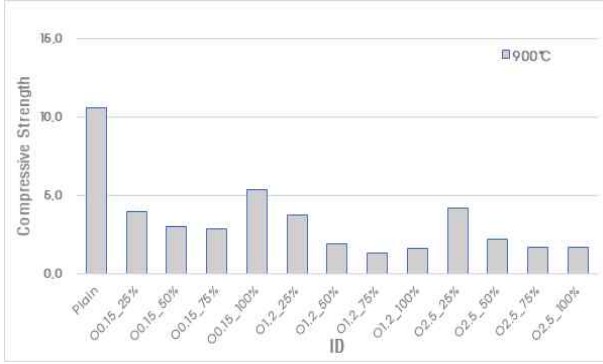


Figure 17. 900°C Remaining compressive strength

O 0.15를 100% 대체하였을 때 63.0%의 강도 감소율을 나타냈다(Figure 17).

3.3 가열온도에 따른 강도감소율

Figure 18과 Figure 19의 가열온도 조건에 따른 휨강도 및 압축강도 측정결과를 보면 300°C의 가열조건인 경우 O 0.15에서는 모든 대체율에서 강도 값이 동일하거나 증가된 것을 알 수 있었으며, 다른 입도 범위의 경우 300°C에서부터 모두 지속적으로 감소되는 것을 알 수 있었다. 300°C에서 압축강도 및 일부의 휨강도가 증가한 원인은 고온고압 양생 조건과 유사한 상황에서의 수열반응의 활성화와 고온조건에서의 미수화시멘트의 반응 등에 기인한 것으로 판단된다. 또한 500°C이상의 경우 골재가 분해되어 시멘트의 결합력을 저하시키고 내부에 크고 작은 균열 등을 발생하게 됨에 따라 강도저하가 크게 일어나는 것으로 분석된다.

강도 감소율을 비교할 때, 휨강도와 압축강도 모두 가열조건에 관계없이 O 0.15를 100% 대체한 경우가 가장 낮은

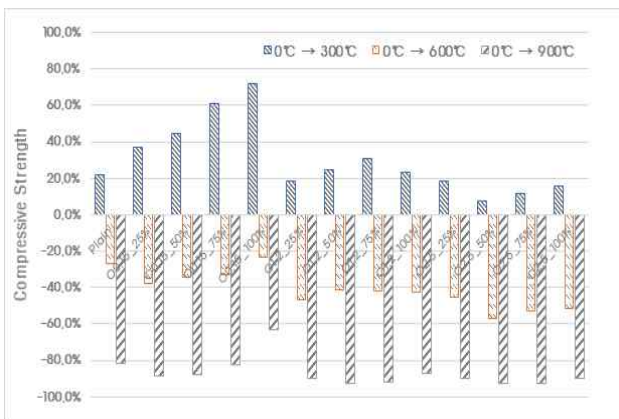


Figure 18. Compressive strength reduction ratio

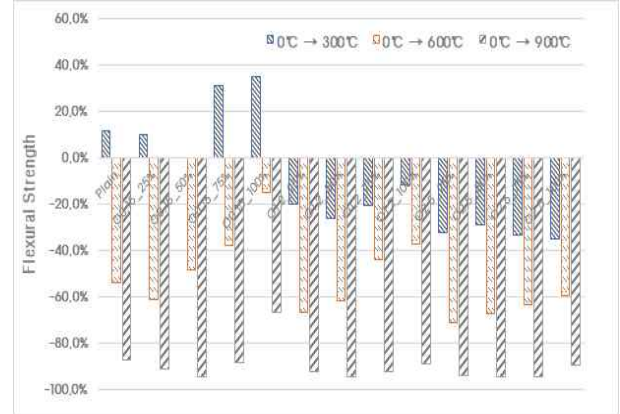


Figure 19. Flexural strength reduction ratio

강도 감소율로 나타나 골 패각의 입도가 작을 경우 내화성이 발휘되는 것으로 판단된다.

4. 결 론

골 패각을 입도별로 분류하고 각각의 입도에 대해 잔골재 대체율을 다르게 하여 가열 후, 잔존강도를 측정한 결과 다음과 같은 결론을 도출했다.

- 1) 300°C의 가열조건에서 Plain과 O 0.15 입도에서는 휨 강도는 동일하거나 증가하는 것으로 나타났다. 강도 증가율은 Plain은 11.7%였으며, O 0.15로 잔골재를 100% 대체했을 때는 35.0%로 강도가 크게 증가함을 알 수 있었다.
- 2) 300°C의 가열조건에서 압축강도는 모든 입도조건에서 증가되었으며, O 0.15를 100% 대체했을 때 72.2%로 크게 증가했으며, O 1.2의 경우 75%를 대체하였을 때, 30.8%로 O 2.5의 경우 25%를 대체한 경우가 18.7%가 가장 높은 것으로 나타났다.
- 3) 600°C의 경우 휨강도, 압축강도 모두 감소하는 것으로 나타났다. 감소율로 볼 때, 휨강도의 경우 모든 입도에서 대체율이 증가함에 따라 감소율도 낮아졌으나, 압축강도의 경우 O 1.2와 O 2.5의 경우 모든 입도의 감소율이 비슷한 것으로 나타났으며, O 0.15의 경우 대체율 증가에 따라 감소율이 낮아졌다.
- 4) 900°C의 경우, 휨 강도와 압축강도 모두 높은 감소율을 나타냈으며, 결과적으로 O 0.15를 100% 대체한 경우 휨강도와 압축강도 모두 가장 낮은 감소율을 나타냈다.

- 5) 앞선 결과로 유추할 때 굴 패각의 입도가 작을 경우 내열성을 발휘하며 잔존강도 개선에 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 산업폐기물로 발생되는 굴 패각을 세척, 건조 및 가공하여 3개의 입도범위로 분급하였다. 이를 이용해 일정한 비율로 잔골재를 대체한 모르타르 실험체를 제작하였으며, 28일 재령을 기준으로 300℃, 600℃, 900℃의 가열 조건에 의해 실험체를 가열하였다. 재령 28일에서 Plain 휨 강도는 9.2MPa로 나타났으며, O 0.15에서는 대체율에 따라 7.9~4.4MPa로 나타났고, O 1.2~2.5에서는 대체율에 따라 7.7~4.4MPa로 나타났으며, 마지막으로 O 2.5~5.0의 경우에는 대체율에 따라 8.8MPa, ~6.1MPa로 나타났다. 재령 28일 압축강도의 경우, O 0.15에서는 대체율에 따라 23.6~43.2MPa의 차이를 나타냈으며, O 1.2~2.5에서는 대체율에 따라 20.4~45.1MPa의 차이로 나타났고, 마지막으로 O 2.5~5.0의 경우 17.1~40.4MPa의 차이가 나타났다. 가열을 통해 잔존강도를 측정된 결과 굴 패각 잔골재 O 0.15 이하를 100% 대체한 경우 강도감소율이 가장 낮은 것으로 나타났으며, 이러한 결과를 통해 굴 패각의 가공 및 적정 배합을 통한 내열성능 발휘가 가능할 것으로 예상된다.

키워드 : 굴 패각, 내화 모르타르, 잔존강도

Acknowledgement

This work was supported by the research grant of the Kongju National University in 2015.

References

1. Seo CH, Fire material, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2003 Jun;3(2):56-62.
2. Pei CC, Fire resistant properties of high strength concrete applying spalling prevention methods and various standard heating curves [Doctor's thesis]. [Cheongju(Korea)]: Cheongju University; 2009. 160 p.
3. Jung UI, A study on performance of fire-proof board using oyster

- shell and dry bottom Ash [Master's thesis]. [Cheonan(Korea)]: Kongju National University; 2014. 64 p.
4. Yoon GL, Kwon OS, Im YJ, Yang EI, Engineering characteristics of waste oyster shell for recycling. Korean Society of Civil Engineers; 2001 Jul;21(4-C):421-31.
5. Jung UI, Kim BJ, Heating experiment of fireproof board using bottom ash and oyster shell, Proceedings of the Korean Recycled Construction Resource Institute, 2014 Nov 7; Seoul, Korea, Seoul(Korea): Korean Recycled Construction Resource Institute; 2014. p. 60-3.
6. Korean Standards Association, Methods of testing cements—Determination of strength, KS L ISO 679. 2006.
7. Kim HS, The study on application of discarded oyster shell powder as an architectural material [Master's thesis]. [Busan(Korea)]: Donga University; 2008. 50 p.