

개질 굴 패각 미분말을 첨가한 시멘트 모르타르의 특성

이승헌[†] · 김홍주* · 정영채** · 배선건***

[†]군산대학교 재료·화학공학부, *군산대학교 재료공학과

군산대학교 토목공학부, *군산대학교 과학기술학부

(2000년 11월 8일 접수, 2001년 3월 14일 승인)

A Study on the Properties of Cement Mortar with Modified Oyster Shell Powder

Seung-Heun Lee[†], Hong-Joo Kim*, Young-Che Jung** and Sun-Kun Bae***

[†]School of Materials and Chemistry Eng., Kunsan Nat. Univ., Kunsan, 573-701, Korea

*School of Materials Science & Eng., Kunsan Nat. Univ., Kunsan, 573-701, Korea

**School of Civil and Environmental Eng., Kunsan Nat. Univ., Kunsan, 573-701, Korea

***School of Science and Technology, Kunsan Nat. Univ., Kunsan, 573-701, Korea

(Received November 8, 2000, Accepted March 14, 2001)

초 록

NaOH 용액 처리로 제조한 개질 굴 패각 미분말은 98.7 wt%의 CaCO₃와 1.3 wt%의 chitosan으로 구성되어 있으며, chitosan의 탈아세틸화는 74.9%이었다. 개질화함으로써 입경은 작아지고 비표면적은 증가하였으며, 밀도는 감소하는 경향을 나타냈다. 입자 형상은 모서리가 각지고 매끄러운 형태에서 모서리가 침식되고 표면이 다공성인 환상의 형태로 변환되었다. 개질 굴 패각 미분말을 시멘트 대신 5.0 wt%까지 치환했을 때의 모르타르의 압축강도는 치환량이 증가할수록 증가하였고, 흡수율은 치환량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈다. 굴 패각 미분말은 대장균 및 황색포도상구균에 대해 항균력이 나타나지 않았으나, 개질 굴 패각 미분말은 5.0 wt% 첨가했을 때 99.8-99.9%의 항균력을 나타냈다. 또한 KS M 5000에 의한 항곰팡이 시험은 피막이 변색이나 변형이 전혀 없는 10등급으로 판정되었다.

ABSTRACT

Modified oyster shell powder obtained by treating NaOH solution consists of 98.7 wt% of calcite and 1.3 wt% of chitosan. Degree of deacetylation of chitosan obtained from modified oyster shell powder is 74.9%. In comparison with original oyster shell powder, modified oyster shell powder tend to finer particle size, greater specific surface area and lower density. The shape of powder before and after modification changes from smooth-surfaced, angular particle form to round-like particle form with eroded corner and porous surface. The compressive strength of cement mortar is increased with increasing amount of modified oyster shell powder. And water absorption is decreased with increasing amount of modified oyster shell powder. Modified oyster shell powder has a strong antibacterial effect, 99.8~99.8% but oyster shell powder is not appeared antibacterial effect to *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Antifungal test performed by KS M 5000 is ranked the 10th grade which are the state without the change of color and metamorphosis about skin of sample.

Key words : Oyster shell, Chitosan, Cement mortar, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*

1. 서 론

우리 나라의 남해 및 서해 연해에서 이루어지는 굴양식은 주변 어민의 주요 소득원이 되고 있으며 국내 굴 수요의 원활한 공급원이 되고 있다. 그러나 양식된 굴의 출하에 있어서는 대부분의 경우 굴의 껍질을 제거한 후에 내용물만을 판매하고 있으며 굴 집하장 주변에는 막대한 굴 폐각이 폐기물로서 남게 되므로 매년 25~30만톤이 배출되어 새로운

해양오염원으로 등장하고 있다. 이러한 굴 폐각은 일반 폐기물로 분류되어 양식어민이 처리하여야 하나 매립지의 확보, 폐각의 수거와 운반비 등의 과다로 효과적인 처리가 불가능한 실정으로 양식 어민들이 처리하는데 많은 어려움이 있을 뿐만 아니라 20% 가량만 굴 종패용과 비료 등으로 활용되며, 나머지는 육상, 공유수면 등에 매립하고 있다. 그러나 육상 매립시 주변의 지하수가 센물로 바뀌게 되고, 공유수면의 매립의 경우에는 연안의 어장이 축소되어 어민의 소득을 감소시키는 원인이 되고 있다. 또한 해안가에 방치할 경우 폐각에 붙어 있는 유기물의 부식으로 위생상 큰 공

[†]Corresponding author : shlee@ks.kunsan.ac.kr

해를 일으키고 있어 폐각을 재활용하기 위한 방안이 절실히 요구되고 있다.

굴 폐각과 성분이 유사한 석회석 광물은 시멘트의 원료, 콘크리트용 세골재, 조골재 등으로 사용되고 있다. 그러나 최근 해외에서는 고강도, 고유동 콘크리트 등에서의 이용이나 CO₂ 발생량이 적고 환경친화적인 펠러시멘트의 기본적인 재료로서 석회석 미분말이 이용되기 시작하였다.^{1,2)} 따라서 탄산칼슘이 주성분인 미분말을 이용한 콘크리트는 시멘트 원료로 재활용할 수 있는 등, 완전 리사이클 건설재료의 대표적인 모델로 주목 받고 있다. 그리고 국내의 건설시장에 있어서는 건설재료의 부족 현상이 날로 심각한 문제점으로 대두되고 있어 대체 재료의 개발이 진행 중에 있으며 고로 슬래그, 플라이 애쉬 등과 같은 산업부산물을 이용하여 시멘트의 혼합재, 콘크리트용 혼화재, 인공골재와 같은 건설재료로 사용되며 사용량도 증가하고 있다.³⁾ 또한 석회석과 주성분이 같은 수산화기물인 굴 폐각도 건설재료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

굴 폐각은 양식방법과 방치기간에 따라 조성이 약간 다르지만 탄산칼슘이 95 wt% 정도이고 나머지는 단백질, 지방, chitin 등 유기물로 구성되어 있다.⁴⁾ Chitin(poly-β-(1,4)-N-Acetyl-D-glucosamine)은 갑각류의 외골격을 이루는 주요 구성물질로서 무코다당의 일종이며, 이 chitin을 탈아세틸화하면 chitosan(poly-β-(1,4)-D-glucosamine)이 된다. 이러한 chitin·chitosan은 무독성일 뿐만 아니라, 생물의 합성과 분해에 관여하여, 환경오염을 초래하지 않은 천연 고분자 양이온이다.⁵⁾ 최근 이들 물질은 잠재적 이용자원으로서 환경폐수 응집제, 중금속 흡착제, 및 단백질 회수제 등 여러 산업 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 또한 chitin 및 chitosan 계열의 유도체를 이용한 천연 항균제로서의 기능 역시 chitosan의 응용부분의 하나로 대두되고 있다.⁶⁾ 이와 관련하여 Sudarshan 등은 일반 대장균에 대하여 chitosan 유도체인 chitosan lactate와 chitosan hydroglutamate 등이 우수한 항균성 물질이라고 보고한 바 있다.⁷⁾ 따라서 굴 폐각에서 chitin을 제외한 유기물인 단백질과 지방을 NaOH 용액과 차아염소산나트륨 용액으로 제거하고⁸⁾ chitin을 탈아세틸화하면 항균 및 항곰팡이 기능이 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 굴 폐각이 가지고 있는 천연 chitin을 chitosan 화하여 항균과 항곰팡이 작용이 있는 건축소재용 펠러로서의 사용 가능성을 검토하기 위해, 시멘트 경화체에 악영향을 미칠수 있는 단백질과 지방을 제거하고 chitin을 chitosan화한 굴 폐각 미분말의 특성 및 이 미분말을 첨가한 시멘트 모르타의 경화체 특성에 대해서 고찰하였다.

2. 실험방법

2.1. 출발물질

굴 폐각은 경남 거제지역에 야적된 굴 폐각을 수거하여

굴 폐각에 붙어있는 흙 및 유기물을 손으로 수세하면서 제거하였고, 흡착된 염분을 제거하기 위해 증류수가 담긴 수조에 24시간 침적시킨 후에 사용하였다. 수조에서 꺼낸 굴 폐각은 110°C 건조기에서 수분을 제거한 후 쇄절구에서 분쇄하여 20 mesh 체를 통과시킨 분말을 다시 Planetary mill에서 미분쇄하여 Blaine값 4150 cm²/g의 폐각분말을 만들었다. 시멘트는 1종 보통포틀랜드 시멘트(Blaine값 : 3560 cm²/g, 비중 : 3.15)를 사용하였고, 모래는 주문진산 표준시를 사용하였다.

2.2. 굴 폐각 중의 유기물 분석

일반적으로 chitin은 Black과 Schwarz의 방법⁹⁾에 따라 양을 측정하나 굴 폐각의 경우에는 chitin의 함량이 3.0 wt% 미만¹⁰⁾이기 때문에 Black과 Schwarz의 방법으로는 정량하기가 어려워 자외선 흡광분석(Shimadzu, UV 2401 PC)을 이용하여 측정하였다. 검량선을 작성하기 위해 시약급의 chitin(Tokyo Kasei Co.) 4 mg을 12N HCl 50 ml에 완전히 녹인 후 자외선 흡광분석을 하여 파장 215 nm의 흡수피크를 기준으로 검량선을 구했다. 그리고 굴 폐각 미분말을 Hackman 방법⁸⁾인 5.0 wt% NaOH 용액에서 90°C, 3시간 교반하여 단백질을 제거한 후 No.4 여과지를 이용하여 감압 여과하였다. 이렇게 얻어진 여과물을 12N HCl 용액에 녹여 얻어진 용액을 자외선 흡광분석하여 검량선으로 부터 chitin의 양을 구했다.

수분, 회분 및 지방 함량은 AOAC의 표준방법에 따라 정량하였고, 단백질 함량(NX6.25)은 Kjeltac Auto 1030 Analyzer (Tector Co.)를 사용하여 질소를 측정 후 산출하였다.

2.3. 굴 폐각 미분말의 개질

굴 폐각 분말에 함유한 단백질과 지방을 제거하기 위해 Hackman 방법⁸⁾을 택하였다. 원료중량의 15배에 해당되는 5.0%의 NaOH 용액에 굴 폐각 분말을 가한 후 90°C에서 100 rpm으로 3시간 교반 후 No.4 여과지로 여과하고 잔사를 증류수 및 아세톤으로 세척하였다. 이것을 0.32% 차아염소산나트륨 용액으로 20°C에서 100 rpm으로 30분간 교반하여 지방질을 제거한 후, 상기와 같은 방법으로 여과 세척하였다. 그리고 탈아세틸화 하기 위해 50.0% NaOH 용액에서 90°C 5시간 100 rpm으로 교반하여 CaCO₃와 chitosan이 존재하는 미분말로 개질화 하였으며, 이것을 수세, 여과한 후 100°C에서 24시간 건조하여 실험에 사용하였다. 개질화 과정을 Fig. 1에 나타냈다.

2.4. 시멘트 페이스트 및 모르타의 시험

페이스트의 혼합으로서는 물/시멘트비를 0.25으로 하였으며 모르타 혼합은 시멘트, 모래, 물의 비율을 1:2.45:0.485로 혼합하여 시편을 제작하였다. 압축강도는 KS L 5105에 의해 공시체를 제작하여 24시간 동안 습윤양생시킨 후 탈형하여 일정 수화기간(3일, 7일, 28일)동안 수중양생시킨 후에

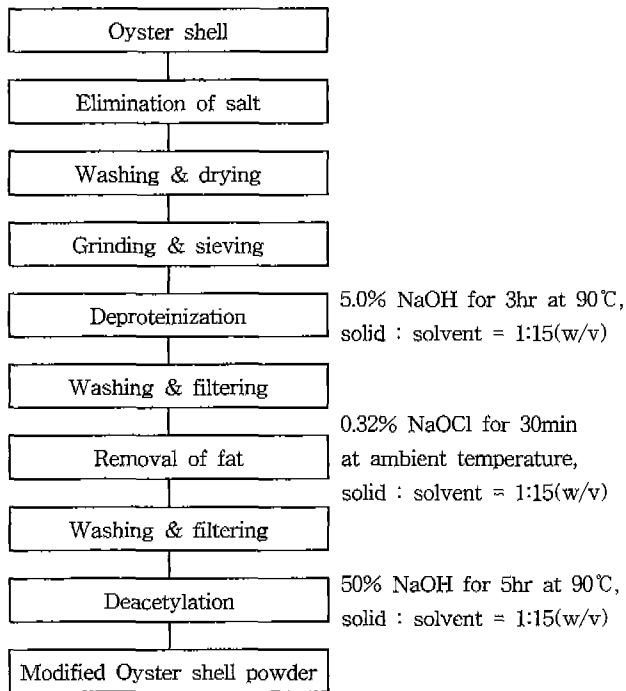


Fig. 1. Flow chart for preparation of modified oyster shell powder from oyster shell.

시험에 사용하였다. 개질 굴 폐각 미분말은 5.0 wt%까지 시멘트 대신 치환하였다. 흡수율 시험은 28일 양생시킨 시편을 100°C에서 건조시킨 시편과 20°C인 물에 24시간 침적시킨 시편을 비교하여 건조시편 기준으로 흡수율을 측정하였다.

2.5. 항균 및 항곰팡이 시험

항균도 시험은 Shake flask method로 하였으며 공시균은 대장균(*Escherichia coli*)과 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)을 사용하였다. 시험편과 대조편을 공시균으로 접촉시킨 후 접종액과 일정량의 중화용액(인산완충용액, pH=7.2)을 가하고 25°C, 24시간 진탕시킨다. 배양된 세균의 수를 Cell counter로 측정하여 항균성을 검토하였다. 세균감소율은 항균성이 있는 시험편과 대조편(Blank)간의 세균수의 감소로 나타났다. 개질 굴 폐각 미분말의 첨가량은 5.0%로 하였다. 항곰팡이 시험은 KS M 5000의 도료의 내곰팡이성 시험에 의거하여 시험을 하였으며, 개질 굴 폐각 미분말을 5.0 wt% 첨가한 시편과 무첨가의 시편에 대해서 비교 검토하였다. 시편은 물/시멘트=0.25의 페이스트를 20°C의 습기함에서 27일간 양생시킨 시료에 대해서 실시하였으며, 시험편의 크기는 두께 12.7 mm, 크기 75×100 mm로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 개질한 굴 폐각 미분말의 특성

Table 1의 굴 폐각 미분말의 화학조성을 보면 CaO가

Table 1. Composition of Oyster Shell (wt%)

CaO	SiO ₂	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	Ig.loss
54.0	-	0.8	0.4	0.3	44.4

Table 2. Organic Analysis of Oyster Shell (wt%)

Crude protein	Fat	Moisture	Ash	Others
0.81	0.44	0.48	96.54	1.73

54.0 wt%이고 나머지 성분은 미량으로 존재하였다. 이것을 CaCO₃로 환산하면 96.1 wt%로 대부분이 CaCO₃로 존재하였으며 X선회절분석 결과 calcite의 특성피크만 나타나고 있어 CaCO₃는 calcite 상으로 존재하였다. Table 2의 유기물을 보면 단백질이 0.81 wt%, 지방이 0.44 wt%로 존재하였고, chitin을 포함한 기타성분은 1.73 wt%이었다. 자외선흡광분석으로 측정된 굴 폐각 중의 키틴의 함량은 1.30 wt%이었다.

개질 굴 폐각 미분말에서 chitosan의 존재를 확인하기 위해서 원료 중량의 15배에 해당하는 1 N HCl 용액으로 실온에서 30분간 교반한 후 여과물에 대해 IR 측정하여 그 결과를 Fig. 2에 나타냈다. (a)번은 대조군으로서 사용한 시약급 chitosan(Tokyo Kasei Co.)의 IR spectrum이고, (b)번은 개질 굴 폐각 미분말에서 추출한 chitosan의 IR spectrum이다. (a)번의 IR spectrum은 chitosan의 화학구조에서 예상된 바와 같이 OH 신축진동(3840-3440 cm⁻¹), CH 신축진동(2960-2878 cm⁻¹), NH 신축진동(3270-3260 cm⁻¹)이 보여지고, 아마이드기에 의한 amide I(1660-1650 cm⁻¹) 및 amide II(1560-1550 cm⁻¹)의 흡수대가 나타나고 있다.¹¹⁾ 개질 굴 폐각 분말에서 추출한 것의 IR spectrum은 시약급 chitosan인

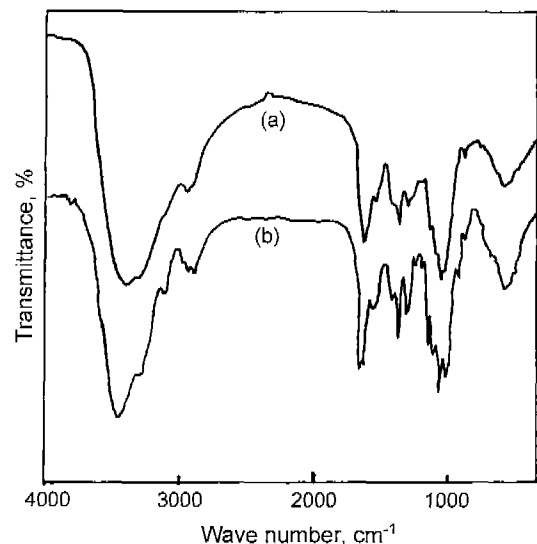


Fig. 2. FT-IR spectrum of (a) chitosan extracted from modified oyster shell and (b) reagent grade chitosan.

(a)번과 유사한 피크 양상을 보이고 있어, 개질 굴 패각 미분말에는 CaCO₃와 chitosan으로 구성되어 있는 것이 확인되었다. chitosan의 탈아세틸화는 Sannan 등의 방법¹¹⁾에 따라 IR spectrum을 이용해서 1550 cm⁻¹과 2878 cm⁻¹의 흡광도비(A1550/A2878)를 다음 식에 의거하여 탈아세틸화를 계산하였다.

$$\text{Degree of deacetylation(\%)} = -34.68 \times (\text{A1550/A2878}) + 98.03 \quad (1)$$

Sannan 등은 화학적으로 정량한 chitin 및 chitosan의 탈아세틸화도와 IR spectrum상의 흡광도간의 상관관계를 연구한 결과, IR spectrum 상의 amide II group에 해당되는 band의 흡광도가 탈아세틸화도와 높은 상관관계가 있는 것으로 밝혀졌다. Sannan 식에 따라 구한 개질 굴 패각 미분말 중의 chitin의 탈아세틸화는 74.9%이었다.

굴 패각 미분말을 개질 전후의 물리적성질의 변화를 Table 3에 표시하였고 입도분포를 Fig. 3에 나타냈다. 개질에 의해서 평균입경은 28.9 μm에서 6.3 μm로 감소하였고 BET 비표면적은 4.3 m²/g에서 7.4 m²/g로 증가하는 경향을 나타냈으며 밀도는 약진 감소하는 경향을 나타냈다. 입도분포도 최대빈도가 50 μm 부근에서 5 μm로 변환되었다. 개질 굴 패각 미분말의 SEM사진을 Fig. 4에 나타냈다. 굴 패각

Table 3. Physical Properties of Oyster Shell Powder before and after Modification

Sort	BET(m ² /g)	Mean particle size (μm)	Density (g/cm ³)
Before	4.3	28.9	3.1
After	7.4	6.3	2.9

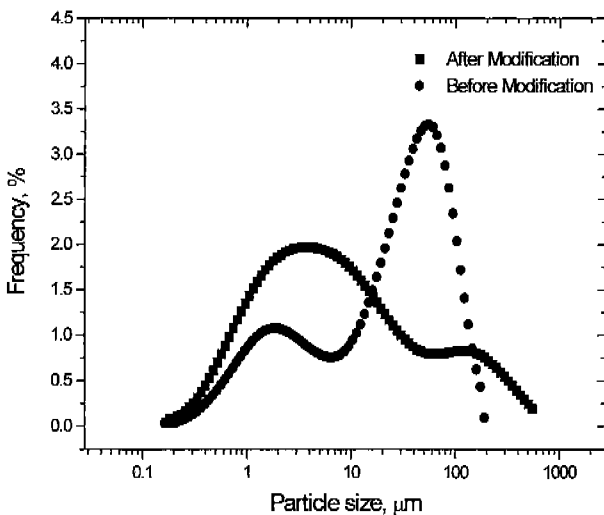
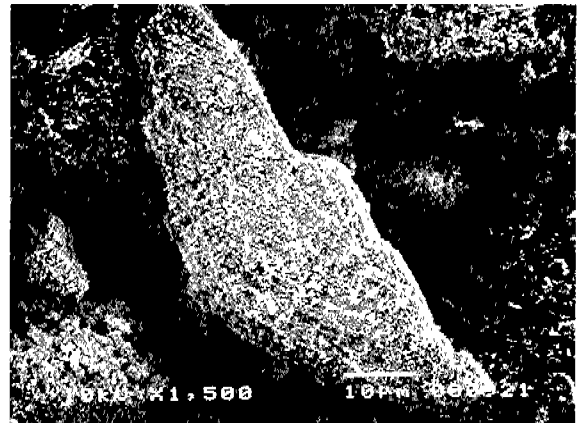


Fig. 3. Particle size distribution curves for oyster shell powder before and after modification.

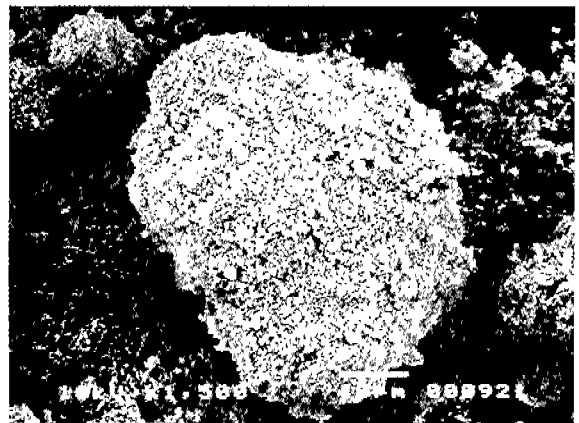
미분말의 입자 형상은 모서리가 각진 형태와 매끄러운 표면을 나타내고 있다. 반면에 개질 굴 패각 미분말은 NaOH의 침식에 의해 평균 입경의 크기가 감소되었고, 모서리가 침식되어 환상의 형태로 변환되었으며, 표면도 다공성이고 요철이 있는 표면으로 바뀌었다. 이것은 탈단백과정과 탈아세틸화과정을 거치면서 NaOH 가열처리에 의해 표면이 침식되어 형태 및 표면이 개질된 것으로 생각된다.

3.2. 페이스트 및 모르터의 물성

개질 굴 패각 미분말을 시멘트 대신 5.0 wt%까지 치환했을 때의 압축강도의 변화를 Fig. 5에 나타냈다. 개질 굴 패각 미분말의 치환량이 증가할수록 압축강도는 증가하는 경향을 나타냈다. 일반적으로 석회석 미분말 등 불활성 혼화재를 첨가할 경우 시멘트에 대해서 내활 첨가한 경우, 강도가 감소하고 외활 첨가인 경우는 강도가 증가하는 것으로 보고되고 있다.¹²⁾ 이것은 내활 첨가한 경우 물/시멘트비가 커지므로 압축강도는 감소하는 경향이 있으나, 페이스트에서는 물/시멘트비와 압축강도의 관계로 예측되는 것만큼의 압축강도는 저하지 않는다고 보고되고 있다. 그러나 본 실험



(a)



(b)

Fig. 4. SEM photographs of (a) oyster powder shell powder and (b) modified oyster shell powder.

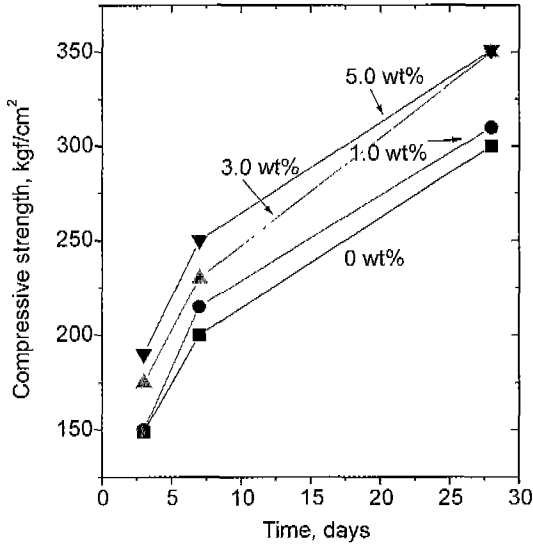


Fig. 5. Strength development of cement mortar with modified oyster shell powder.

험에서는 내활 첨가임에도 불구하고 강도는 증가하였다. 이것은 시멘트 입자보다 평균 입경이 작은 구형의 개질 굴 패각 미분말이 첨가됨으로서 시멘트 입자 간격에 미분말이 충전되고, SEM 사진에서 보듯이 개질작용에 의해 표면이 침식되어 시멘트 수화물과 결합성이 향상되어 강도가 증가된

Table 4. Water Absorption of Cement Mortar with Modified Oyster Shell Powder

	Mixing ratio of modified oyster shell powder (wt%)			
	0	1	3	5
Water absorption (wt%)	9.4	9.0	8.3	8.1

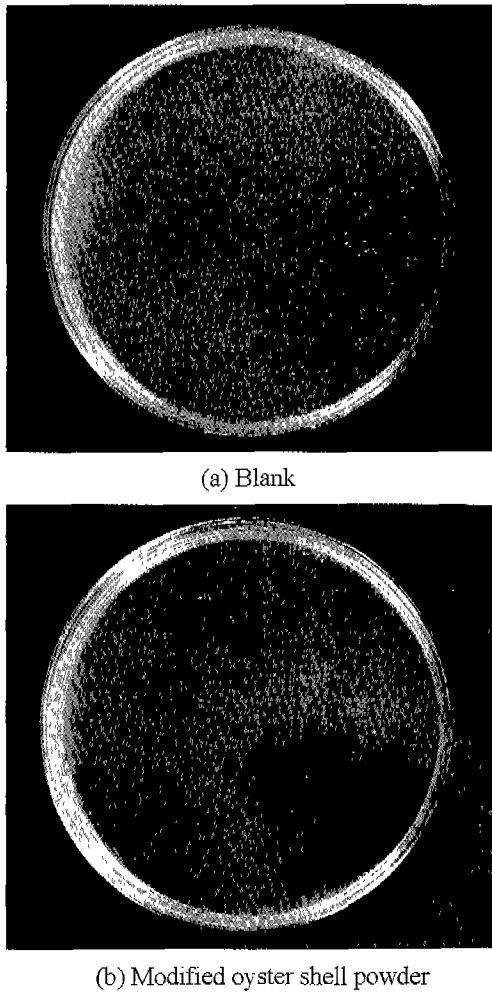
것으로 생각된다. 개질 굴 패각 미분말 첨가에 따른 방수효과 및 투수성을 간접적으로 알아보기 위해 압축강도 모르타르와 동일하게 배합된 28일 시편에 대해서 흡수율 시험을 하였다. Table 4에서 보듯이 흡수율은 압축강도와 마찬가지로 약간 증가하였다.

3.3. 항균 및 항곰팡이 작용

개질 굴 패각 미분말을 5.0 wt% 첨가했을 때의 대장균 및 황색포도상구균에 항균시험결과를 Table 5에 나타냈으며 황색포도상구균에 대한 항균도 사진을 Fig. 6에 나타냈다. 굴 패각 미분말은 대장균 및 황색포도상구균에 대해 항균력이 나타나지 않았으나 개질 굴 패각 미분말 5.0 wt% 첨가 시 99.8-99.9%의 항균력을 나타냈다. 이러한 항균성의 발현은 chitosan에 의한 효과로 추정된다. chitosan의 항균성은

Table 5. Antibacterial Effect between 0 h and 24 h after Treatment with the 5.0 wt% Additives against Escherichia Coli and Starphylococcus Aureus, (Number of bacteria/m)

Bacteria	Sort	0 hour	24 hour	Degree of decrease (%)
Escheichia coli	Blank	5.9×10^3	2.8×10^5	-
		5.6×10^3	2.5×10^5	-
		6.2×10^3	3.1×10^5	-
	Oyster shell powder	5.9×10^3	2.4×10^5	14.3
		5.6×10^3	2.2×10^5	12.1
		6.2×10^3	2.7×10^5	12.9
	Modified Oyster shell powder	5.9×10^3	4.6×10^2	99.8
		5.6×10^3	5.1×10^2	99.8
		6.2×10^3	2.8×10^2	99.9
Starphylococcus aureus	Blank	5.6×10^3	3.1×10^5	-
		5.8×10^3	3.4×10^5	-
		6.4×10^3	3.7×10^5	-
	Oyster shell powder	5.6×10^3	2.6×10^5	16.2
		5.8×10^3	2.7×10^5	20.6
		6.4×10^3	2.9×10^5	21.8
	Modified Oyster shell powder	5.6×10^3	6.2×10^2	99.8
		5.8×10^3	4.3×10^2	99.9
		6.4×10^3	6.7×10^2	99.8



(a) Blank

(b) Modified oyster shell powder

Fig. 6. Photographs for antibacterial effect of modified oyster shell powder: (a) blank and (b) modified oyster shell powder.

탈아세틸화 및 분자량 등이 중요한 요인으로 알려져 있는데 Saito 등은 탈아세틸화도를 66%, 79%, 90% 및 99%까지 4가지를 만들어 *Fusarium solini*를 대상으로 최소발육저지농도를 확인한 결과, 66% 탈아세틸화 chitosan은 0.11%, 79%일 경우 0.09%, 90%와 99%일 경우 0.07%의 농도로 항균효과를 나타내고 있어 탈아세틸화가 높을수록, 즉 아미노기가 많을수록 항균력이 좋다고 보고하였다.¹³⁾ 개질 굴 패각 미분말 중의 chitosan은 74.9%의 탈아세틸화를 나타내고 있어, 탈아세틸화를 증가시키면 항균력은 증가할 것으로 예상된다. chitosan의 항균성작용은 chitosan의 아미노기가 특이적으로 병원균의 세포벽과 결합함으로써 균증식의 방해 때문이라는 주장¹⁴⁾과 더불어 일반 세균에 대한 chitosan의 항균작용이 균체표면의 구조에 대한 영향이나 균의 대사과정 중 DNA 형성에 대한 저해작용이라는 주장도 대두되고 있으나 아직 확실히 규명되고 있지는 않다.¹⁵⁾

KS M 5000에 의한 항곰팡이 시험은 10등급으로 판정되

었다. 10등급의 평가는 피막이 변색이나 변형이 전혀 없는 상태로써, 변색이나 변형의 정도가 심하면 심할수록 곰팡이의 생성이 많을수록 낮은 숫자로 표기한다. 그러나 신선한 시멘트 페이스트 경화체 자체가 강알칼리성이기 때문에 곰팡이균에 대한 저항성이 있기 때문에 개질 굴 패각 미분말에 의한 효과를 정량적으로 평가하기는 매우 어렵다.

4. 결 론

굴 패각 미분말을 NaOH 수용액으로 처리하여 탈단백과 탈아세틸화한 개질 굴 패각 미분말의 특성과 개질 굴 패각 미분말을 첨가한 시멘트 모르타르 경화체의 특성에 대해서 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 개질 굴 패각 미분말에는 CaCO_3 와 chitosan으로 구성되어 있으며, 키토산은 1.3 wt% 함유되어 있었다. 개질화함으로써 굴 패각 미분말은 평균입경은 감소하였고, 입자 형상은 모서리가 각지고 매끄러운 형태에서 모서리가 침식되고 표면이 다공성인 환상의 형태로 변환되었다.

2. 개질 굴 패각 미분말을 시멘트 대신 5.0%까지 치환했을 때의 모르타르의 압축강도는 치환량이 증가할수록 증가하였고, 흡수율은 치환량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈다.

3. 굴 패각 미분말은 대장균 및 황색포도상구균에 대해 항균력이 나타나지 않았으나 개질 굴 패각 미분말은 5.0 wt% 첨가했을 때 99.8-99.9%의 항균력을 나타냈다. 또한 KS M 5000에 의한 항곰팡이 시험은 피막이 변색이나 변형이 전혀 없는 10등급으로 판정되었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 군산대학교 새만금환경연구센터의 지원에 의해 수행된 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. T. Celic and K. Marar, "Effect of Crushed Stone Dust on Some Properties of Concrete," *Cem. Con. Res.*, **26**, 1121-30 (1996).
2. M. Nehdi, S. Mindess and P. C. Aitcin, "Optimization of High Strength Limestone Filler Cement Mortars," *Cem. Con. Res.*, **26**, 883-93 (1996).
3. V. M. Malhotra and P. Kumar, "Pozzolanic and Cementitious Materials," pp.7-34, Gordon and Breach Publisher, 1996.
4. K. Uchida, "The Mechanism of the Nacreous Layer Formation in the Shell and the Application to the Inorganic Synthesis," *Ceramics Japan*, **28**(1), 17-21 (1993).
5. E. E. Evans and S. P., "The Use of Basic Polysaccharides in Histochemistry and Cytochemistry IV," *J. Histochem. Cyto-*

- chem.*, **10**, 24-28 (1962).
6. L. A. Hadwiger, J. M. Beckman and M. J. Adams, "Localization of Fungal Components in the Pea-fusarium Interaction Defected Immunochemically with Anti-chitosan and Anti-fungal Wall Antisera," *Plant Physiol.*, **67**, 170-75 (1965).
 7. N. R. Sudarshan, D. G. Hoove and D. Knorr, "Antibacterial Action of Chitosan," *Food Biotechnology*, **6**, 257-72 (1992).
 8. R. H. Hackman, "Studies on Chitin I, Enzymic Degradation of Chitin and Chitin Esters," *Aust. J. Biol. Sci.*, **7**, 168-75 (1954).
 9. M. M. Black and H. M. Schwartz, "The Estimation of Chitin Nitrogen in Crawfish Wastw and Derived Products," *Analyst*, **75**, 185-90 (1952).
 10. S. Hirano, "Biological Functions of Chitin and Chitosan in Animal Organs and Tissues," *Food & Food Eng. J. Japan*, **159**, 65-72 (1994)
 11. T. Sannan, K. Kurita, K. Ogura and Y. Iwakura, "Studies on Chitin :7. IR Spectroscopic Determination of Degree of Deacetylation," *Polymer*, **19**, 458-63 (1978).
 12. Z. Y. Chen and J. W. Wang, "Bond between Marble and Cement Paste," *Cem. Con. Res.*, **17**, 544-52 (1987).
 13. K. Saito, M. Shimojoh and K. Fukushima, "Growth Inhibition of Chitosan from Suid Pen against Oral Streptococci. Chitin," *J. Chitosan*, **1**, 77-79 (1994).
 14. Y. Uchida, "Antimicrobial Activities of Chitosan and its Application," *Umi No Daichi*, **1**, 51-58 (1995).
 15. D. H. Young, H. Kohle and H. Kauss, "Effect of Chitosan on Membrane Permeability of Suspension Cultured Glycine Max and Phaseolus Vulgaris Cells," *Plant Physiol.*, **70**, 1449-54 (1982).