

콘크리트용 골재로서 굴패각의 활용

어석홍^{1)*} · 황규한¹⁾ · 김정규²⁾

¹⁾창원대학교 토목공학과 ²⁾(주) 대저토건

(2002년 1월 17일 원고접수, 2002년 6월 7일 심사완료)

Application of Oyster Shells as Aggregates for Concrete

Seok-Hong Eo^{1)*}, Kyu-Han Hwang¹⁾, and Jeong-Gyu Kim²⁾

¹⁾ Dept. of Civil Engineering, Changwon National University, Changwon, 641-773, Korea

²⁾ Dajeo Construction, Co. Ltd., Kimhae, 621-906, Korea

(Received January 17, 2002, Accepted June 7, 2002)

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the application of oyster shells (OS) as aggregates for concrete. For this purpose, five reference mixes with W/C ratios of 0.4~0.6 at intervals of 0.05 were used. The replacement proportion of OS was varied with ratios of 0, 10, 30, 50 and 100% by volume of fine or coarse aggregate in the reference mixes. OS was washed and crushed for using as aggregates. New chemical reaction between crushed OS aggregate and cement paste was tested through XRD and SEM analysis. Two strength properties (compressive and flexural) were considered. Strength tests were carried out at the ages of 1, 3, 7, 14 and 28 days. The variations of workability, air content and density, drying shrinkage of the specimens with different proportions of OS were also studied. Finally, the hollow concrete block using OS as a substitute material for fine aggregate was made for testing the application of OS.

Experimental results showed that any new chemical reaction did not occur due to mixing OS in concrete. The workability and strengths decreased with increase in proportion of OS. The same trend was observed in density and unit weight, but air content increased due to the inherent pores in OS, which showed a possibility to produce light weight concrete with low strength by using OS as coarse aggregates for concrete. Tests on hollow concrete block showed that the compressive strength and absorption ratio were satisfied with quality requirements when the fine aggregate was substituted with OS up to 50% in volume.

Keywords : oyster shell, workability, air content, compressive and flexural strength, hollow concrete block

1. 서 론

경상남도의 통계에 따르면 남해안 연안에만 연간 약 24만톤의 굴패각이 발생하고 있으며, 이 중 약 6만톤이 굴채묘종과 패각비료 등으로 재활용되고 있으며, 약 6만톤은 공유수면 매립에 사용되고 있다고 한다¹⁾. 따라서 전체의 50%에 달하는 약 12만톤 정도가 미처리되어 주변연안에 야적되어 있는 실정으로 미관상뿐만 아니라 여러 가지 환경오염의 요인이 되고 있다.

최근에 이러한 굴패각을 콘크리트용 잔골재 또는 굵은 골재로서 이용하고자 하는 실험적 연구가 진행된 바 있으며, 실험결과 굴패각의 혼입율이 증가함에 따라 강도와 작업성이 감소하는 것으로 나타났으나 강도와 흡수율에 관한 품질기준을 만족하는 속빈 콘크리트 블록의 제조에 잔

골재의 대체재료로 충분히 사용될 수 있음을 보였다²⁾. 한편, 양은익 등의 연구³⁾에서는 잔골재의 대체재료로 굴패각의 분쇄물을 혼입할 경우 혼입율이 증가함에 따라 강도 및 초기의 강도증진율이 다소 증가하는 상반된 연구결과를 나타낸 바 있다.

굴패각을 토목분야에 재활용하고자 하는 외국의 연구사례는 많지 않으나, 일본의 경우 연약지반개량재 및 샌드파 일재로 굴패각을 활용하고자 하는 시도가 있었으며 그 가능성이 제시되기도 하였다³⁾. Falade^{4,5)}는 Periwinkle Shell을 콘크리트용 굵은골재로 사용하여 경량콘크리트를 제조하고자 하는 실험적 연구를 수행하여 압축강도 30~150 kgf/cm² 정도의 경량콘크리트의 제조가 가능한 것으로 보고하였다. Okpala⁶⁾와 Okafor⁷⁾는 Palm Kernel Shell을 재활용하여 적절한 혼화제의 사용과 함께 경량콘크리트를 만들고자 시도하였다.

굴패각의 성분은 탄산칼슘(97.2%)과 석고 및 기타(2.8%)로 이루어져 있어 시멘트와의 수화반응과 부착성상에

* Corresponding author
Tel : 055-279-7591 Fax : 055-285-9491
E-mail : esh@changwon.ac.kr

는 별 문제가 없을 것으로 판단되며, 적절히 세척 또는 소성하여 유기물 등의 불순물을 제거하고 분쇄한다면 콘크리트용 골재로서 사용이 충분히 가능할 것으로 보인다. 특히 자연골재에 비하여 경량인 점과 제조된 콘크리트 표면의 연마 등을 통하여 골패각의 자연광택을 창출할 경우 외관이 아름다운 건축용 경량콘크리트판 등의 제조에도 응용가능할 것이다. 그러나 골패각의 형상과 표면조직으로 볼 때 흡수율이 클 것으로 판단되어 콘크리트의 작업성 등에 좋지 않은 영향을 미칠 것도 함께 예상된다⁸⁾.

따라서, 본 연구에서는 남해안 연안의 굴양식장 일대에 대량으로 방치되고 있는 골패각을 수거하여 그 공학적 성질을 분석한 후 콘크리트용 골재로서의 활용성에 대해 검토하고자 한다. 이를 위해 물-시멘트비, 골패각의 입도 및 대체율을 달리한 콘크리트 배합에 대하여 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프와 단위용적중량 그리고 경화콘크리트의 휨강도, 압축강도 및 시편의 무게를 측정하였다. 배합실험결과를 토대로 일반 잔골재를 골패각으로 대체한 속빈 콘크리트 블록을 제조하고 강도 및 흡수율에 대한 품질기준을 비교·검토하였다. 본 연구결과는 자연골재가 점점 고갈되어가고 있고, 폐기물매립장의 용량 또한 절대적으로 부족한 국내실정에서 환경오염의 요인이 되고 있는 골패각을 콘크리트용 골재로서의 대량처리 가능성을 강구하기 위한 기초자료를 제공할 것으로 사료된다.

2. 골패각의 화학적 특성

2.1 성분분석

본 연구에 사용된 골패각은 경남 통영 연안에서 채취하였으며, 세척 후 100 °C 건조로에서 24시간 건조시킨 골패각 시료를 대상으로 XRF(X선 형광분석) 시험을 실시한 결과 Table 1과 같이 97.2%가 CaCO₃ 성분인 것으로 조사되었다.

2.2 화학적 반응성 검토

골패각의 성분분석 결과에서와 같이 골패각은 대부분 탄산칼슘과 기타 소량의 광물성분 및 유기물질을 함유하고 있다. 따라서 이런 골패각을 콘크리트의 혼합재료로써 사용할 경우 골패각의 성분이 시멘트와의 사이에서 화학적 이상반응을 일으킬 수 있는지에 대한 실험을 실시하였다. 이를 위해 XRD(X선 회절 분석) 시험을 실시하였으며 골패각과 시멘트 수화물과의 경계면에 대한 전자현미경촬영(SEM)을 함께 실시하였다.

XRD 시험을 위해 Table 2와 같이 분쇄한 골패각 자체 시료와 골패각을 혼합한 것과 그렇지 않은 경화모르타르의 재령28일 압축강도를 시험한 후의 파쇄시료를 준비하

였으며 각각의 시료에 대한 XRD 시험결과는 Fig. 1에 나타내었다.

Fig. 1에서 알 수 있듯이 골패각을 혼합한 시료(Mortar-2)와 혼합하지 않은 시료(Mortar-1)가 나타내는 특성피크의 값은 잘 일치하고 있으며, 강도의 차이만 보이고 있다. 즉, 화학적 함유성분은 거의 동일하나 함유량의 차이에 따르는 회절결과를 보이고 있어 시멘트와 골패각의 혼합에 따른 새로운 물질의 생성은 없는 것으로 판단되며, 일반 콘크리트에서의 수화반응 외에 골패각을 혼합함으로써 일어나는 특별한 화학적 이상반응은 없는 것으로 볼 수 있다.

이와 같은 현상을 시각적으로 확인하기 위하여 W/C = 55% 인 시멘트 페이스트에 굵은골재의 50%를 골패각으로 대체한 재령 7일의 콘크리트 시료를 대상으로 시멘트 수화물과 골패각 입자 경계면에 대한 SEM 사진을 촬영하고 그 결과를 Fig. 2 와 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 2에서는 침상형태의 물질이 현저하게 나타나 있으며, Fig. 3에서는 사진의 배율을 4000배로 확대한 경우에 동일한 침상형태의 결정이 존재함을 알 수 있어 시료중의 높은 함유

Table 1 Chemical composition of oyster shell

Chemical composition (%)			
CaCO ₃	Na ₂ O	MgO	SO ₃
97.244	0.539	0.482	0.479
Al ₂ O ₃	SiO ₂	SrO	P ₂ O ₅
0.449	0.428	0.198	0.179

Table 2 Preparation of XRD test samples

Test samples	Description
Oyster shell	Oyster shell itself
Mortar-1	Portland cement mortar without oyster shell
Mortar-2	Portland cement mortar mixed with 10% oyster shell instead of sand

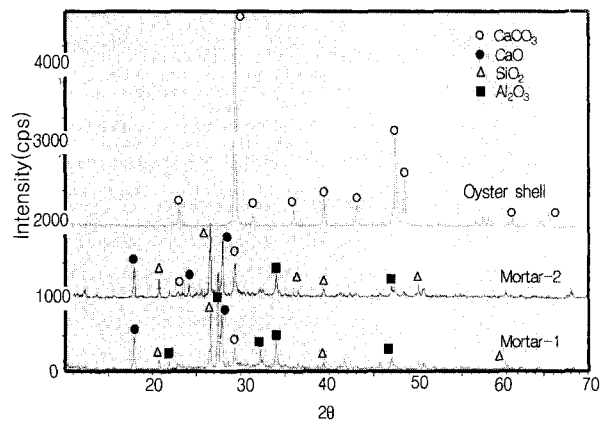


Fig. 1 XRD analysis of oyster shell and mortar

량을 나타내는 탄산칼슘에 의하여 침상형의 결정이 재침 전한 것임을 알 수 있었다. 지금까지 굴패각의 화학적 특성을 종합하여 볼 때, 굴패각을 콘크리트의 혼합재료로 활용하여도 화학적인 이상반응이나 새로운 물질의 형성은 없는 것으로 판단할 수 있다.

3. 실험연구

3.1 실험계획

수거한 굴패각을 골재 대체제로 사용하기 위하여 적절히 입도를 조절하여 분쇄하였다. 굵은골재 대체제로는 최대 입경이 10 mm, 13 mm 및 25 mm가 되도록, 잔골재 대체제로는 최대입경이 5 mm 이하가 되도록 각각 시료를 분쇄하여 제조하였다.

콘크리트 배합시 골재에 대한 굴패각의 대체율은 굵은골재의 경우 0, 10, 30, 50 및 100 %의 5단계로 나누었으며, 잔골재의 경우에는 결합력 및 재료분리를 고려하여 0, 10, 30 및 50 %의 4단계로 나누었다.

굴패각 대체 콘크리트의 특성을 알아보기 위해 경화전에 슬럼프, 공기량 및 단위용적중량을 측정하였으며, 경화 후에 압축강도, 휨인장강도, 콘크리트 중량 및 건조수축량을 측정하였다. 한편, 일반 잔골재를 굴패각으로 대체한 속편 콘크리트 블록을 제조하고 관련 품질시험을 실시하였다. 실험의 조건 및 변수를 정리하여 Table 3에 나타내었다.

3.2 사용재료

3.2.1 골재 및 석분

잔골재는 경남 칠서 낙동강에서 채취한 강모래를 사용하였고, 굵은골재는 부순돌을 사용하였다. 한편, 잔골재를 굴패각 분쇄물로 대량 대체하여 혼합할 경우 발생할 우려가 있는 재료분리 등의 작업성 저하 및 강도 감소 문제를 보완하기 위하여 석분의 사용을 검토하였다^{9,10)}. 사용된 골재 및 석분의 물리적 성질을 Table 4에 나타내었다.

3.2.2 굴패각

잔골재와 굵은골재 대체 시험에 사용된 굴패각 분쇄시료의 물리적 성질을 Table 5에 나타내었다. 비중 및 흡수율은 KS F 2503의 굵은골재의 시험방법에 따라 실시한 결과를 나타낸다. Fig. 4와 Fig. 5는 골재대체시 사용된 굴패각의 입도모양을 나타낸 것이다. Fig 4는 10~25 mm 정도의 크기로서 굵은골재 대체시 사용된 굴패각이며, Fig. 5는 잔골재 대체시 사용된 5 mm 이하의 굴패각이다.

3.2.3 혼화제

굴패각의 대체시 발생할 우려가 있는 작업성의 저하와

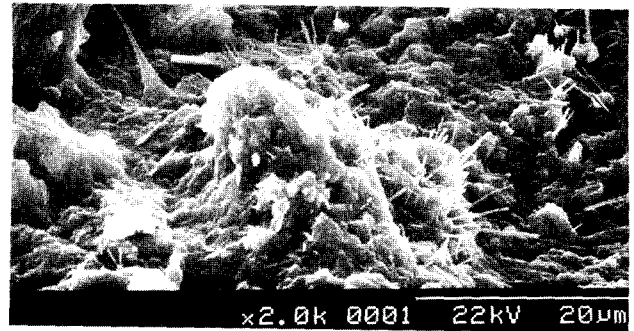


Fig. 2 SEM analysis of concrete mixed with oyster shells

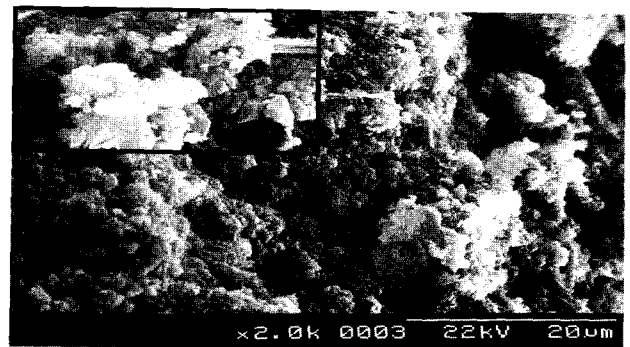


Fig. 3 SEM analysis of concrete without oyster shell

Table 3 Experimental program

Condition		Variables
Mix	Replacement ratio	0, 10, 30, 50, 100 % (Coarse) 0, 10, 30, 50 % (Fine)
	O.S grading	5-10, 10-13, 19-25 mm (Coarse) Less than 5mm (Fine)
	W/C ratio	40, 45, 50, 55, 60 %
Test	Fresh concrete	Slump, Air content Unit volume weight
	Hardened concrete	Compressive/flexural strength Specimen weight, Drying shrinkage

Table 4 Physical properties of aggregates

Items	Specific gravity	F.M.	Absorption (%)	G _{max}
Fine	2.59	1.85	1.61	-
Coarse	2.67	7.68	0.4	25mm
Stone powder	2.66	3.46	1.26	5mm

Table 5 Physical properties of oyster shells

Items	Specific gravity	F.M.	Absorption (%)
Fine	1.87	2.8	13.6
Coarse	5~10 mm	1.85	4.8
	10~13 mm		5.9
	19~25 mm		6.5
			9.2

그로 인한 강도감소 문제를 보완하기 위하여 유동화제 (Flow Mix Super1)를 사용하였다.



Fig. 4 Grading of crushed oyster shells as coarse aggregate

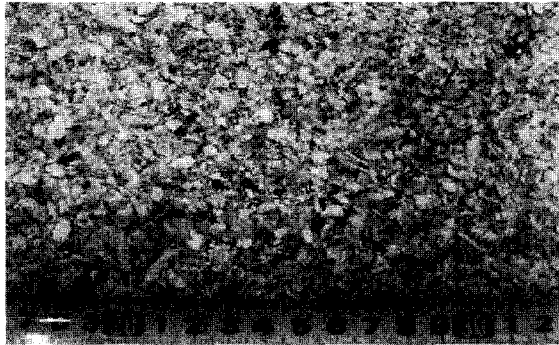


Fig. 5 Grading of crushed oyster shells as fine aggregate

3.3 실험방법

압축강도 실험은 KS F 2405의 콘크리트의 압축강도 시험 방법에 따라 3개의 공시체를 기본으로 실시하였으며, 슬럼프 시험은 KS F 2402에 따라 비빔 즉시 실시하였다. 공기량 시험은 KS F 2409의 굳지 않은 콘크리트의 단위 용적 중량 및 공기량에 의한 시험방법에 의해 실시하였고 휨강도 시험은 10×10×40 cm 각주형 공시체를 사용하여 3 등분점재하(third point loading)에 의하여 실시하였다. 건조수축량의 측정에는 재령 1일부터 60일까지 실시하였으며 측정기구로는 1 μm까지 측정 가능한 다이얼게이지 형식의 변형률 측정기를 사용하였다. 속빈 콘크리트 블록은 KS F 4002에 따라 제작하였고 7일 양생한 후 흡수율 및 압축 강도를 측정하였다¹¹⁾.

3.4 배합설계

배합시 선정된 주요변수로는 물-시멘트비와 골재각의 입도 및 골재 대체율로 하였으며, 구체적인 배합설계표를 Table 6에 나타내었다. 각 배합에 대한 실험결과로부터 골재각의 골재 대체시 발생가능한 작업성 및 강도 감소 등의 문제점을 검토하고 최적의 대체조건과 배합조건을 선정하였다.

4. 실험결과

4.1 작업성

Table 6 Design of mix proportions

W/C (%)	S/A (%)	Replacement ratio(%)	Unit weight (kg/m ³)									Admixture(%) Superplasticizer
			W	C	Replacement of fine aggregate			Replacement of coarse aggregate				
					S	G	Shell	S	G	Shell		
40	45	0	175	438	785	985	-	785	985	0	-	
		30	175	438	550	985	168	785	690	205	-	
		50	175	438	393	985	279	785	493	341	-	
45	45	0	175	383	-	-	-	734	1085	-	0.3	
		10	175	383	-	-	-	734	977	75		
		30	175	383	-	-	-	734	754	229		
		50	175	383	-	-	-	734	543	376		
		100	175	383	-	-	-	734	-	752		
50	45	0	175	350	818	1026	-	818	1026	-	-	
		30	175	350	573	1026	175	818	719	213	-	
		50	175	350	409	1026	291	818	513	356	-	
55	45	0	193	350	797	1000	-	797	1000	-	0.3	
		10	193	350	726	1000	50	797	900	69		
		30	193	350	567	1000	164	797	691	214		
		50	193	350	398	1000	283	797	500	347		
		100	193	350	-	1000	566	797	-	694		
60	45	0	175	292	839	1053	-	839	1053	-	-	
		30	175	292	587	1053	179	839	737	219	-	
		50	175	292	419	1053	299	839	526	365	-	

Fig. 6은 각 W/C 비에서 굵은골재를 일정비율 골패각으로 대체한 콘크리트의 슬럼프 변화를 도시한 것으로 골패각 함유량이 증가할 수록 슬럼프값은 급격히 감소하는 결과를 보였다. 특히, 골패각 대체율이 50% 이상일 경우에는 슬럼프값이 없을 정도로 급격히 감소하는 결과를 나타내었다. 한편, 잔골재 대체시에는 Fig. 7과 같이 동일 W/C에서 골패각 함유량이 증가할 수록 오히려 슬럼프 값이 크게 증가하는 것으로 나타났으나 이는 일반 잔골재(강모래)의 부족으로 시멘트 페이스트와 골재간의 결합력이 급격히 감소하여 재료분리가 발생하면서 오히려 작업성이 감소한 것으로 볼 수 있다. 특히 골패각 대체율이 50%인 경우에는 W/C에 관계없이 슬럼프값이 일정하게 나타났다. 이는 입형이 불량하고 시멘트 페이스트와의 결합력이 약한 골패각 입자들간의 마찰력으로 인해 충분한 유동성이 발휘되지 못하는데 기인하는 것으로 사료된다. Fig. 8은 굵은골재 30% 대체시 골패각의 입도에 따른 슬럼프 측정 결과를 도시한 것으로 골패각의 입도크기에 따른 슬럼프의 변화는 거의 나타나지 않았다.

4.2 공기량

W/C가 55%일 때의 잔골재 대체율에 따른 겉보기공기량 시험결과를 Fig. 9에 나타내었다. 골패각을 사용하지 않은 기준콘크리트일 경우 공기량이 2.2%이지만 골패각 30% 대체시 4.6%, 50% 대체시 5.6%로 대체율이 증가할수록 공기량이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 분쇄된 골패각의 입형이 거칠고 조직이 다공질인 데 기인하는 것으로 사료되며, 골패각 대체에 따른 강도감소의 주된 요인으로 작용하는 것으로 판단된다.

4.3 단위용적중량

골패각의 굵은골재 대체율에 따른 단위용적중량을 실험한 결과는 Fig. 10과 같다. 일반적으로 굳지않은 경량콘크리트의 단위용적중량은 1.8~2.0 t/m³이다. 실험결과 기준콘크리트일 경우는 2.2 t/m³이고 굵은골재를 부피비로 10% 및 30% 만큼 골패각으로 대체한 경우의 콘크리트 단위용적중량은 각각 2.09 t/m³ 및 2.01 t/m³으로 나타났다. 한편, 대체율이 50%와 100%인 경우 단위용적중량은 각각 1.99 t/m³ 및 1.91 t/m³으로 기준콘크리트에 비해 각각 10% 및 13% 정도 감소한 것으로 나타났다.

4.4 건조수축

잔골재의 골패각 대체율에 따른 건조수축 변형률을 채령 60일까지 측정하였으며, 그 결과를 Fig. 11에 나타내었다. 시험체는 10×10×40 cm 각주형 모델을 사용하여 타

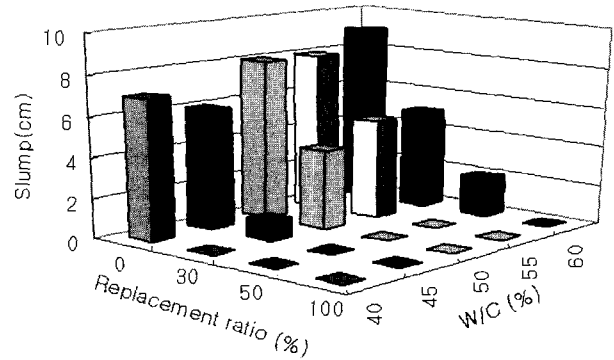


Fig. 6 Slump variation for coarse aggregate by replacement ratio

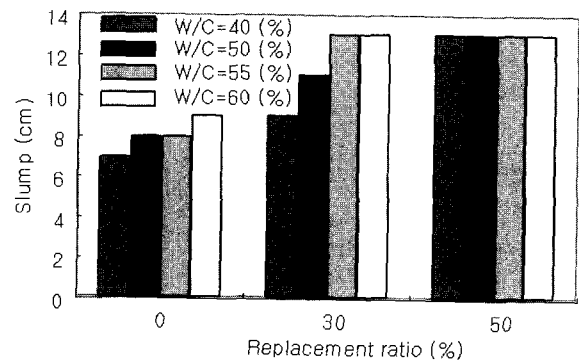


Fig. 7 Slump variation for fine aggregate by replacement ratio

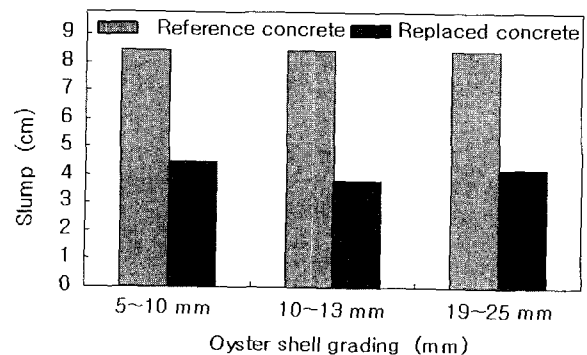


Fig. 8 Slump for concrete mixed with different oyster shells grading

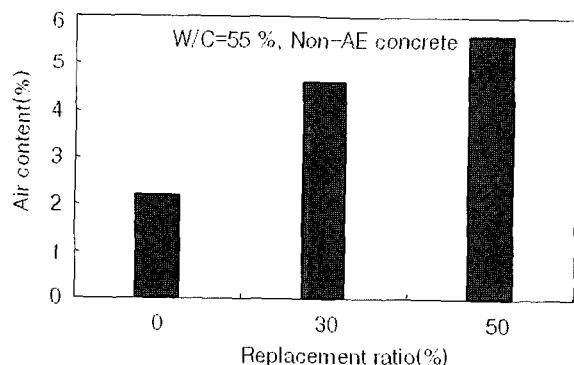


Fig. 9 Air content variation according to oyster shells replacement ratio

설하고 재령 24시간 후 탈형한 다음 1일째부터 측정을 시작하였다. 사용된 기기는 다이알게이지 형식의 변형률 측정기이며 정도는 1/1000 mm(1 μ m)이다. Fig. 12에서 알 수 있듯이 초기재령에서는 골패각 대체시에 건조수축이 크게 진행되고 있으나, 재령이 경과하여 재령 60일 때의 건조수축량은 골패각 대체율이 증가할수록 줄어드는 경향을 보였다. 이 결과로 잔골재에 대한 골패각 대체로 인한 건조수축량의 증가는 나타나지 않았다.

4.5 압축강도 및 휨강도

Fig. 12 및 Fig. 13은 W/C와 골재 대체율을 달리했을 때의 재령 7일의 압축강도를 비교·도시한 것이다. 그림에서 굵은골재 대체시의 강도감소율은 W/C가 45%일 때 기준콘크리트의 최대 50%수준까지 감소하며, W/C가 60%에서는 약 30%까지 감소하는 것으로 나타났다. 한편, 잔골재 대체의 경우는 W/C가 60%일 때 최대 90% 수준의 상대강도를 보이고 있으며 전체적으로 기준콘크리트에 대한 상대강도가 굵은골재 대체시와 비교할 때 약 10~20% 정도 큰 값을 나타내었다. 따라서 저강도의 콘크리트에서는 골패각을 골재로 대체 사용할 가능성이 있는 것으로 사료된다.

Fig. 14는 골패각 대체율에 따른 휨강도 변화를 도시한

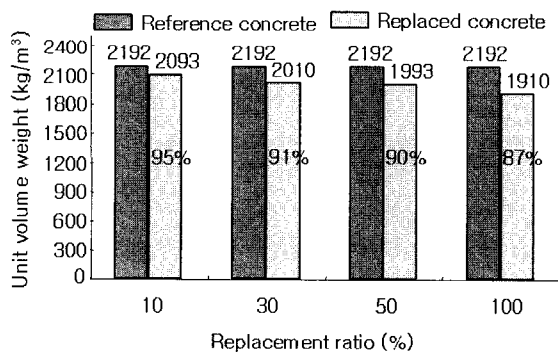


Fig. 10 Unit volume weight according to oyster shells replacement ratio

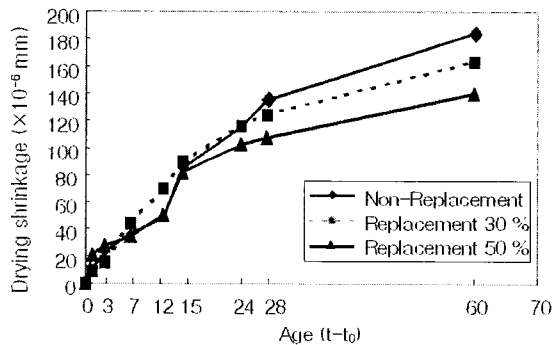


Fig. 11 Drying shrinkage according to fine aggregates replacement ratio

것으로 잔골재 및 굵은골재를 50%까지 대체한 경우 기준 콘크리트에 대해 각각 30%와 20%의 강도감소를 보여 강도감소율이 압축강도에 비해 상대적으로 작은 것으로 나타났다.

Fig. 15 및 Fig. 16은 각각 골패각의 굵은골재 및 잔골재 대체시 재령에 따른 압축강도의 발현을 비교·도시한 것이다. 굵은골재 대체시 재령 7일 이후의 강도증진이 잔골재 대체의 경우에 비해 상대적으로 크게 둔화되는 현상을 나타냄을 알 수 있다.

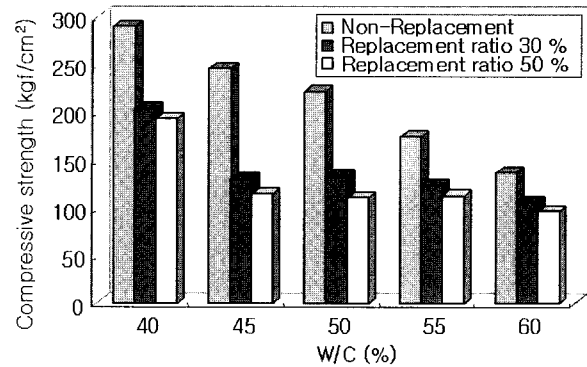


Fig. 12 Compressive strength with different replacement ratio of oyster shells for coarse aggregate

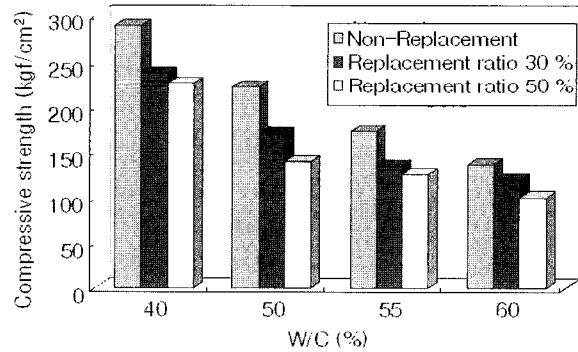


Fig. 13 Compressive strength with different replacement ratio of oyster shells for fine aggregate

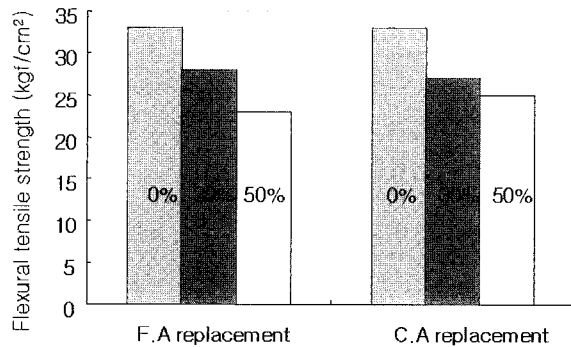


Fig. 14 Flexural tensile strength with different replacement ratio of oyster shells

Fig. 17은 굵은골재 30% 대체시 골패각의 입도에 따른 재령28일의 압축강도 시험결과를 도시한 것으로 Fig. 8의 슬럼프 변화와 달리 10~13 mm 입도의 골패각을 사용한 경우 강도가 가장 크고 19~25 mm 입도의 경우에 강도가 가장 작은 것으로 나타났다.

4.6 혼화제 및 석분의 사용성 검토

굵은골재 대체시 발생하는 급격한 작업성 및 강도감소와 잔골재 대체시 발생하는 재료분리현상을 방지하기 위하여 유동화제 및 석분의 투입을 고려하였다^{9,10}.

Fig. 18에서 굵은골재 대체시 혼화제를 사용하지 않은 경우에 골패각 함유량이 증가할수록 슬럼프 값이 감소하다가 대체율이 50%가 되면 슬럼프 값이 0인데 비하여 고 유동화제를 사용했을 경우에 슬럼프 값이 5 cm로 개선되는 결과를 나타냈다. Fig. 19는 작업성이 개선되어 강도가 증가한 것을 나타낸 것으로 유동화제를 사용하지 않은 경우에 공시체의 충전성, 다짐성 및 마무리가 제대로 이루어지지 않았음을 반증한다.

한편, 잔골재 대체시 슬럼프값은 크나 재료분리가 발생하고 매끄러운 표면처리가 어렵게 되어 작업성이 떨어지는 특이한 현상을 보였다. 이에 대한 대책으로 잔골재를

을 증가시키기 위하여 쇄석공장에서 부산물로 발생하는 석분을 사용하여 잔골재의 부족을 보완하고 작업성을 개선하고자 하였다. 석분의 투입량은굵은골재의 양을 기준으로 10, 20 및 30%로 하였다. Fig. 20 및 Fig. 21은 잔골재의 50%를 골패각으로 대체한 경우를 기준배합으로 했을 때 석분을 굵은골재의 일정비율로 대체함에 따른 슬럼프 및 재령 7일의 압축강도를 나타낸 것이다.

실험결과 석분 30% 대체시 슬럼프는 다소 감소하였으나 점성 및 충전성이 증가하여 재료분리 현상이 현저히 감소하여 매끄러운 표면처리가 가능하게 되었으며, 강도증진에도 유리한 결과를 나타내었다.

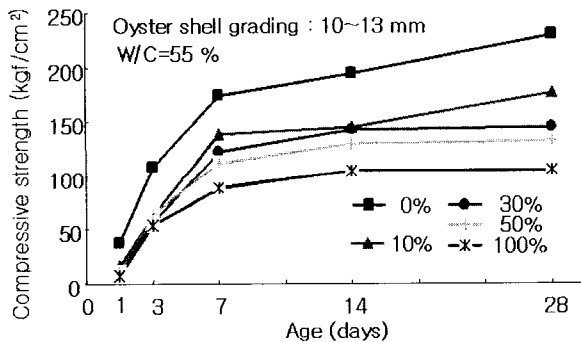


Fig. 15 Compressive strength with ages for coarse aggregate by replacement ratios

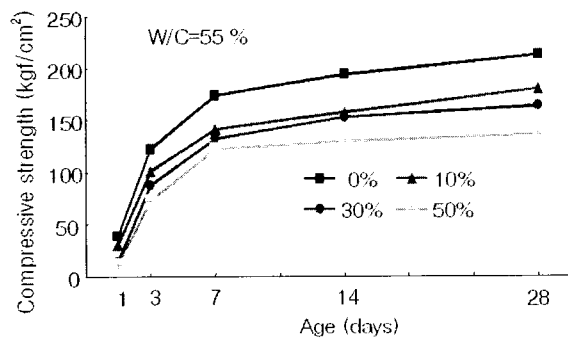


Fig. 16 Compressive strength with ages for fine aggregate by replacement ratios

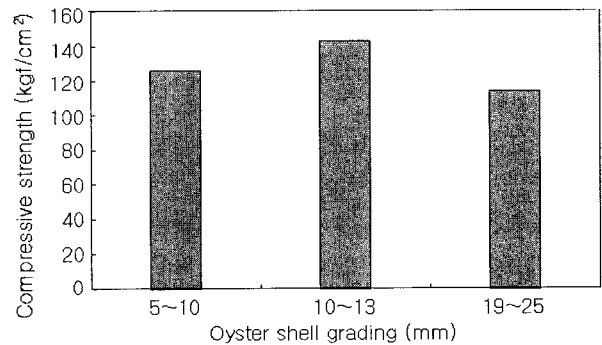


Fig. 17 Compressive strength for concrete mixed with different oyster shell grading

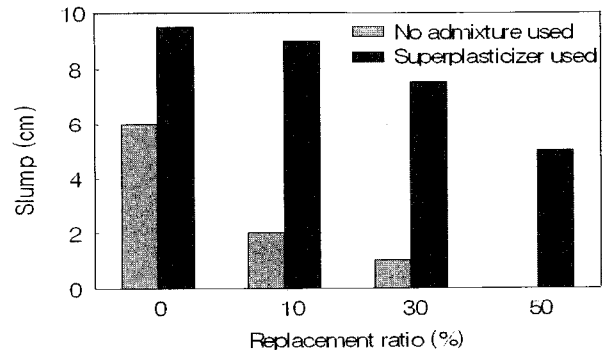


Fig. 18 Slump for mixes using superplasticizer

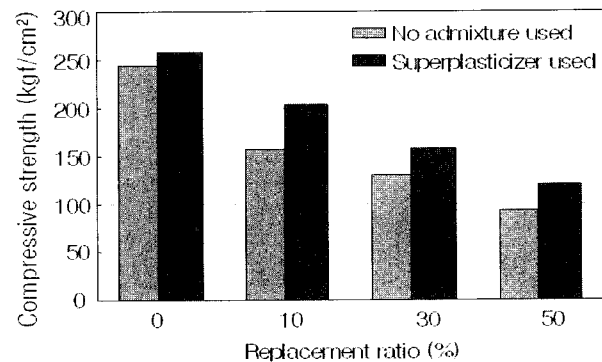


Fig. 19 Compressive strength for mixes using superplasticizer

4.7 속빈 콘크리트 블록의 제작 및 품질시험

4.7.1 압축강도

속빈 콘크리트 블록의 제작시 골패각 함유량은 잔골재 용적의 0, 30 및 50 %로 대체하였고 배합비는 Table 7과 같다. KS F 4002에 따라 압축강도 시험을 실시하였으며, KS F 4002에 규정된 C종 블록의 전단면에 대한 기준 압축강도는 재령 7일 이후 82 kgf/cm²이다. 일반적으로 공장에서 생산되는 속빈 콘크리트 블록은 평균 재령 14일에 출하되나 본 연구에서는 재령 7일의 압축강도를 측정하였다.

실험 결과 Fig. 22에서와 같이 골패각 30% 및 50% 대체시 압축강도는 각각 85 kgf/cm², 75 kgf/cm² 이다. 골패각을 30% 대체한 경우 속빈 콘크리트 압축강도는 품질기준을 만족하고 50% 대체한 경우에는 91% 수준의 강도를 나타내고 있다.

4.7.2 흡수율

골패각 사용에 따른 속빈 콘크리트 블록의 내부 공극을 평가하기 위하여 KS F 4002에 따라 흡수율 시험을 실시하였다. Fig. 23과 같이 골패각을 30% 및 50% 대체한 결과 흡수율은 3.8%로 속빈 콘크리트 블록의 기준 흡수율 10% 이하를 만족하는 것으로 나타났다.

5. 결 론

폐자원의 재활용과 환경오염원의 제거를 위하여 연안에 대량 방치되어 있는 골패각을 콘크리트용 골재로써 활용하기 위한 실험적 연구를 수행한 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 골패각의 함유량이 증가할수록 강도 및 작업성이 감소하며 그 정도는 굵은골재 대체시에 상대적으로 크게 나타났다. 강도측면에서 보면 휨강도의 경우 압축강도에 비해 상대적으로 덜 감소하는 것으로 나타났으며, 작업성 측면에서는 잔골재 대체시 구성재료간 결합력 감소와 마찰력 증대로 인해 슬럼프값은 크나 재료분리가 발생하여 결국은 작업성이 떨어지는 특이한 현상을 보였다.

2) 굵은골재 대체시 대체율이 50% 이상일 경우 콘크리

Table 7 Mix proportions for hollow concrete block

Replacement ratio (%)	Unit weight (kg/m ³)				
	Water	Cement	Sand	Stone powder	O.S
0	175	350	800	1200	-
30	175	350	560	1200	214
50	175	350	400	1200	353

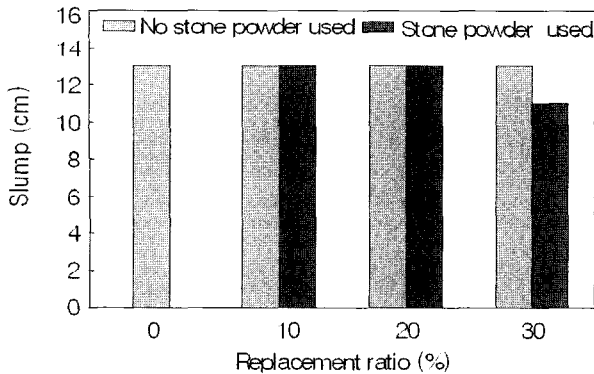


Fig. 20 Slump for mixes with stone powder

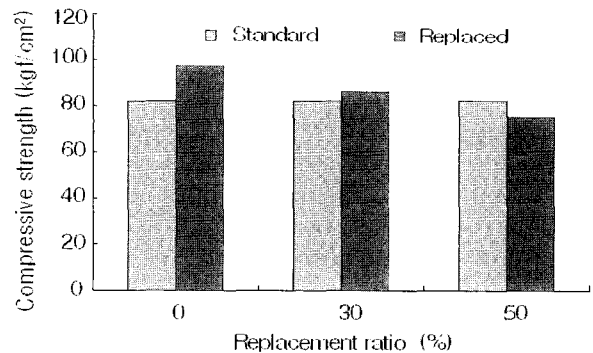


Fig. 22 Compressive strength of hollow concrete block

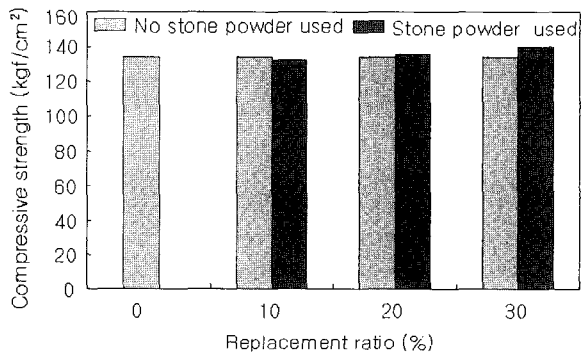


Fig. 21 Compressive strength for mixes with stone powder

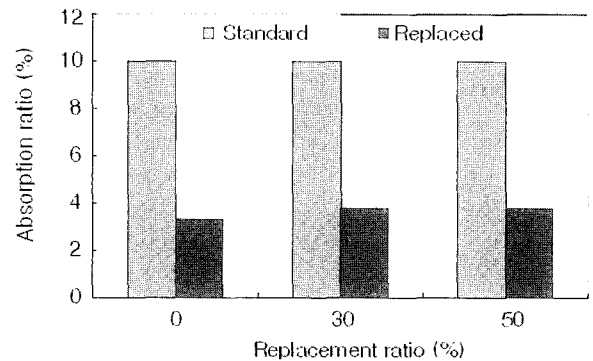


Fig. 23 Absorption ratio of hollow concrete block

트 단위용적중량이 2.0 t/m³ 미만으로 보통콘크리트에 비해 약 10% 정도의 경량화가 가능한 것으로 나타났으며 수반되는 강도감소의 문제는 유동화제의 사용으로 어느 정도 해결할 수 있는 것으로 판단된다.

3) 골패각 함유량이 증가할수록 굳지 않은 콘크리트의 공기량이 크게 증가하는 것으로 나타났으며 강도감소의 주된 요인으로 작용하는 것으로 해석된다. 한편, 잔골재를 대체한 골패각의 함유량에 따른 건조수축량의 증가는 발생하지 않았다.

4) 굵은골재 대체시 골패각의 입도에 따른 작업성 및 강도를 분석한 결과, 작업성 측면에서는 입경에 따른 큰 차이를 보이지 않았으나 강도측면에서는 19~25 mm 입경의 경우 강도감소가 약간 크게 발생하였다. 따라서 10~13 mm 정도의 골패각 입경을 사용하는 것이 강도 및 작업성 측면에서 유리한 것으로 사료된다.

5) 숙빈 콘크리트 블록을 제작하여 강도 및 흡수율에 대한 품질시험을 실시한 결과 잔골재를 골패각으로 약 50%까지 대체 사용하여도 KS 기준에 근접하는 것으로 나타나 충분한 활용가능성이 있는 것으로 사료된다.

6) 추후 골패각을 콘크리트 재료로 사용할 경우 내구성 및 경제성 등에 관한 연구가 더 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 문병현, 이택순, 서정운, "폐 골킥질을 이용한 생물막의 하수처리에 관한 연구," 교육부 지역개발연구과제 최종 보고서, 창원대학교 산업기술연구소, 1996. 10.

2. 어석홍, 황규한, 최덕진, 박영규, 홍기호, "콘크리트용 골재로서 골패각의 활용성에 관한 실험적 연구," 한국콘크리트학회 봄학술발표회, 영남대학교, 2001. 5. 11, pp.507~512.
3. 양은익, 윤길림, 심제설, "골패각을 혼합한 콘크리트의 역학적 특성 조사," 대한토목학회 논문집, 제21권, 6-A호, 2001. 11. pp. 773~784.
4. Falade. F., "An Investigation of Periwinkle Shells as Coarse Aggregate in Concrete," *Building and Environment*, Vol. 30, 1995, No. 4. pp.573~577.
5. Falade. F., "The Use of Palm Kernel Shells as Fine Aggregate in Concrete," *Proc. of IAHS XIXth World Congress*, Vol. 2, Ecole Des Mines D'ales, France, 1991, pp.558~569.
6. Okpala. D. C., "Palm Kernel Shell as a Lightweight Aggregate in Concrete," *Building and Environment*, Vol. 25, No. 4, 1990, pp. 291~296.
7. Okafor F. O., "An Investigation on The use of Superplasticizer in Palm Kernel Shell Aggregate Concrete," *Cement and Concrete Research*, Vol. 21, 1991, pp.551~557.
8. Neville, A.M., "*Properties of Concrete*," John Wiley & Sons, 1997
9. 이승환, 정용욱, "쇄석분을 사용한 초유동 콘크리트의 특성에 관한 연구," 한국콘크리트학회 논문집, 제13권 5호(통권 65호), 2001, 10., pp.476~483.
10. 나성훈, 조재병, 임정순, "석분을 혼합한 무세골재 콘크리트의 강도개선에 관한 연구," 한국콘크리트학회지, 제7권 3호, 1995. 6., pp.149~155.
11. 한국산업표준회, "숙빈 콘크리트 블록," KS F 4002, 1997.

요 약

본 연구는 골양식장이 위치한 연안일대에 대량 방치되어 미관상 저해요인은 물론 환경오염의 요인이 되고 있는 폐골패각을 수거하여 콘크리트 골재로써의 활용성을 검토하고 나아가 경량콘크리트 및 숙빈 콘크리트 블록의 제조가능성을 살펴봄으로써 환경오염 방지 및 자원재활용을 추구하기 위한 기초적 실험자료를 제시하기 위하여 수행되었다. 이를 위해 골패각 자체에 대한 물리·화학적 특성을 분석한 후 재령에 따른 굳지 않은 콘크리트 및 경화콘크리트의 재료 및 역학적 특성을 분석하였다.

실험결과 골패각의 혼입으로 인한 새로운 화학반응이나 이상물질의 생성은 없는 것으로 판단되며, 일반골재에 대한 골패각 대체율이 증가함에 따라 강도 및 작업성 문제가 발생하나 혼화제 및 석분의 사용으로 해결가능한 것으로 판단된다. 강도 및 작업성 측면에서 10~13 mm 정도가 굵은골재로써 골패각의 최적입경으로 나타났으며, 굵은골재 대체율이 50% 일 경우 단위용적중량이 1993 kg/m³으로 약 10% 정도의 경량화가 가능한 것으로 나타났다. 실제 숙빈 콘크리트 블록을 제작하고 품질시험을 실시한 결과 잔골재의 50%를 골패각으로 대체 사용하여도 강도 및 흡수율 기준을 거의 만족하는 것으로 나타나 충분한 활용성이 기대된다. 추후 내구성 및 경제성 등에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

핵심용어 : 골패각, 작업성, 강도, 단위중량, 숙빈 콘크리트 블록