굴패각 콘크리트의 기본특성에 관한 연구

A Study on the Fundamental Properties of Concrete Using of the Oyster Shells

구 해 식* 전 학 수** 안 용 덕**
Koo, Hae-Shik Jun, Hak-Su An, Yong-Deok

Abstract

This study is to analyze the application of the oyster shells as a substitute fine aggregate of concrete. For this purpose, the fundamental experiments of the composed materials and the variations of the main factors on it were considered and then the variations of workability and strength properties of the specimens with each case were also studied. The experimental results on the properties as construction material showed that the use of oyster shells in concrete would not cause abnormal chemical reactions or lead to the formation of any new objects, the workability and strengths decreased with increase in proportion of oyster shells. The compressive strength of concrete with oyster shells is developed as much as that of normal concrete and the grain size of oyster shells is superior on 3.0~5.0㎜ and the percentage of substitution of them to fine aggregate about 30% from the properties of concrete with them. The relationship equation between compressive strength and tensile strength is $f_{sp}=1.0\sqrt{f_{ck}}^{0.7}$.

요 지

본 연구는 환경 친화적 측면과 자원 재활용 측면에서 경남지역 연안에 다량 방치되고 있는 굴패각을 5.0㎜이하의 크기로 분쇄한 후 잔골재 대체재로 사용해서 굴패각 콘크리트의 구조적 특성변화를 연구하여 굴패각 콘크리트의 실용성 제고를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다. 이를 위한 기초적인 실험과 주요 변화 요인에 대한 실험을 통하여 굴패각 콘크리트의 시공성과 강도변화에 대해 집중 연구하였다. 실험결과 굴패각을 사용하여도 다른 재료와의 이상반응이나 새로운 물질 형성은 없었으며 이의 강도 또한 일반콘크리트 강도만큼 발현 가능하였다. 그리고 굴패각을 잔골재 대체재로서 우수한 입도크기는 5.0~3.0㎜이며 잔골재 대체율의 정도는 약 30%까지 가능한 것으로 판단되었다. 또한 굴패각 콘크리트에서 인장 및 압축강도 상관관계식 $f_{sp}=1.0\sqrt{f_{ck}}^{0.7}$을 제시하였다.

Keywords : Oyster Shell, Fundamental Properties, Substitutions, Strengths
핵심 용어 : 굴패각, 기본특성, 대체재, 강도

* 정회원, 경남대학교 건축학부 교수
** 정회원, 경남대학교 건축학부 박사수료
E-mail : koo@kyungnam.ac.kr 011-9396-2678

?본 논문에 대한 토의를 2005년 9월 30일까지 학회로 보내주시면 2006년 1월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1. 서 론

최근 우리나라 경제발전과 함께 건축물의 대형화, 고층화로 골재 수요의 급격한 팽창화를 가져오고 있다. 이러한 가운데 정부 해양수산부 및 환경단체에서는 서해안 바다 모래채취를 금지하여 건설공사 현장에서 잔골재 품귀현상을 도래하게 되고 이로부터 잔골재 대체재 개발 연구에 많은 관심을 가지게 되었다.

또한 우리나라 남해안 연안 지역에서는 양식어업이 해마다 증가 추세에 있으며 양식으로 발생되는 부산물인 굴패각이 연간 24만여톤 이상 이르게 되었는데 이중 약 50%에 해당하는 12만톤 정도는 공유수면 매립 또는 굴채묘종과 패각비료로 활용되는 반면 나머지 50%정도는 연안에 야적해 두거나 버려져 환경오염의 주원인으로 인식되고 있다.

굴패각의 주성분은 대부분 탄산칼슘으로 이루어져 있으므로 시멘트와의 수화반응과 부착성상의 어려움이 없을 것으로 판단되어 굴패각을 적절한 크기로 분쇄한 후 입도를 조절하면 콘크리트 골재로서의 사용 가능성이 있을 것으로 보여진다. 또한 잔골재의 입도는 구형인데 반해 분쇄한 굴패각 입도는 편형에 가까우므로 잔골재와 비교하면 단위용적당 공극이 많고 밀도가 낮아 경량이긴 하지만 많은 공극으로 인해 굴패각 콘크리트의 강도는 부실해질 수 밖에 없다. 이러한 점을 보완하기 위하여 굴패각 입도를 가능하면 잘게 분쇄하여 편형입도를 구형입도에 가깝게 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 그래서 본 연구에서는 기존의 연구가 굴패각을 분쇄하여 혼화제 사용 여부와 잔골재보다 굵은골재 중점으로 사용하는 바와는 달리 완전히 잔골재 대체재로 사용하여 굴패각 콘크리트의 구조적 특성변화를 연구하여 굴패각 콘크리트 품질의 실용성 제고 및 이에 대한 기초자료를 제공하고 또한 굴패각 처리에 일익을 담당하고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험계획

굴패각 집하장에서 수집한 굴패각을 잔골재 대체재로 사용하기 위하여 먼저 잔골재 크기에 해당되는 5㎜이하로 분쇄하여 5.0㎜, 3.0㎜, 1.0㎜ 표준체를 각각 순차적으로 이용하여 굴패각을 입도크기별로 분류하였다. 본 연구의 주요 변화 요인으로는 배합유형, 물시멘트(W/C)비, 굴패각 입도크기, 굴패각의 대체율로 구분하며 이에 대해 배합유형을 3종류로, 물시멘트(W/C)비를 55, 60, 65%로, 굴패각 입도크기를 3.0~5.0㎜, 1.0~3.0㎜, 1.0㎜이하로, 굴패각 대체율을 0%, 10%, 30%, 50%로 하여 기준의 일반콘크리트와 함께 굴패각 콘크리트의 강도 변화를 연구한다.

그리고 굴패각 콘크리트의 강도에 있어서는 압축강도, 쪼갬인장강도 그리고 부착강도에 대해 재령 28일 강도를 기준으로하여 압축강도는 재령 7일, 14일, 28일, 91일에 있어, 인장강도 는 재령 7일, 28일에 있어, 부착강도는 재령 28일에만 대하여 강도변화를 조사?연구한다.

2.2 사용재료

2.2.1 시멘트

본 실험에서 사용한 시멘트는 KSL 5201에 규정된 국내 S사의 제1종 보통 포틀랜트 시멘트로 시멘트의 화학적 성질 및 비중은 Table 1과 같다.

2.2.2 골재 및 굴패각

잔골재는 경남 하동산 강모래로 전체 모래에서부터 이물질과 먼지를 완전 제거한 후 사용하였으며 굵은골재는 최대치수 19㎜이하의 함안 석산의 화강암 쇄석을 물로 세척한 후 자연상태로 건조시켜 사용하였다. Table 2는 해당 골재의 물리적 성질을 나타낸 것이다.

Table 1 시멘트의 화학적 성분 및 비중

화학성분 (%)								비중
Ig loss	Insol. residue	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	SO_3	
0.9	0.1	20.9	3.2	6.0	62.6	3.3	2.3	3.14

Table 2 골재의 물리적 성질

골재	비 중			조립율	흡수율 (%)	단위용적 중량 (kg/m^3)
	겉보기 상태	절대건조 상태	표면건조 포화상태			
잔골재	-	-	2.59	1.85	1.61	1652
굵은골재	2.737	2.658	2.687	6.67	1.09	1551

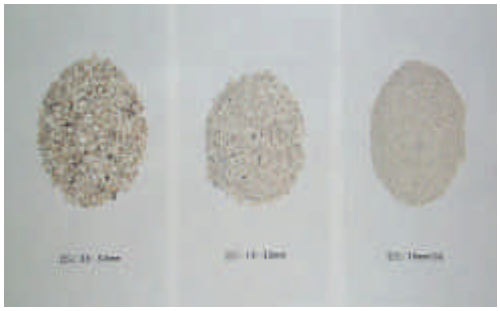


Photo 1 굴패각 입도크기 분류

Table 3 굴패각의 물리적 성질

입도 크기	비중			흡수율 (%)	단위용적 중량 (kg/m³)	실적률 (%)
	절대 건조	표면건조 포화	겉보기			
5.0 ~ 3.0㎜	2.27	2.36	2.50	3.90	914.9	40.3
3.0 ~ 1.0㎜	2.27	2.38	2.54	4.45	938.9	41.4
1.0㎜이하	2.28	2.41	2.61	5.21	1050.7	46.1
평균	2.27	2.38	2.55	4.52	968.2	42.6

굴패각은 남해지역 해안에서 굴양식 부산물로 발생된 폐기 패각을 채취하여 세척한 뒤 강력한 통풍으로 먼지를 제거하고 110±10℃ 건조로에서 24시간 건조시킨 후 분쇄하여 5.0㎜, 3.0㎜, 1.0㎜표준체를 각각 순차적으로 이용하여 입도크기를 분류(Photo 1)하였다. Table 3은 사용한 굴패각의 물리적 성질을 나타낸 것이다.

2.3 배합설계

배합설계에서 주요한 변수는 배합유형, 물시멘트비, 굴패각 입도크기 및 굴패각 대체율로 하고 본 실험에서 사용한 구체적인 배합설계표는 Table 4와 같다. 여기서 각 물시멘트비에 대해 물과 시멘트, 굵은골재 사용량은 일정하게 하고 굴패각 대체율 정도에 따라 굴패각을 잔골재로 대체시켜 이에 수반되는 제반 특성과 강도변화를 조사한다.

2.4 실험방법

본 실험의 배합에 있어서 굴패각 건조상태를 표면건조상태로 하고 혼화제는 배합후 작업성 정도가 어려운

Table 4 굴패각 콘크리트 배합설계표

W/C비 (%)	명칭	굴패각 대체율 (%)	단위중량(kg/m³)				
			물	시멘트	굴패각	모래	자갈
60	A-60-n-0	0	268	446	0	759	1518
	-1	10	268	446	76	681	1518
	-3	30	268	446	228	531	1518
	-5	50	268	446	380	379	1518
55	B-55-n-0	0	184	335	0	759	1518
	-1	10	184	335	76	681	1518
	-3	30	184	335	228	531	1518
60	B-60-n-0	0	201	335	0	759	1518
	-1	10	201	335	76	681	1518
	-3	30	201	335	228	531	1518
	-5	50	201	335	380	379	1518
65	B-65-n-0	0	218	335	0	759	1518
	-1	10	218	335	76	681	1518
	-3	30	218	335	228	531	1518
	-5	50	218	335	380	379	1518
60	C-60-n-0	0	134	223	0	759	1518
	-1	10	134	223	76	681	1518
	-3	30	134	223	228	531	1518

* n: 굴패각 입도크기, a:5.0 ~ 3.0㎜, b:3.0 ~ 1.0㎜, c:1.0㎜이하

상태에 대해서만 사용하였다. 배합순서는 각 재료에 대해 먼저 사용량을 정확히 개량한 후 굵은골재, 잔골재, 굴패각, 시멘트의 순으로 넣고 1분정도 고르게 건비빔한 후 필요량의 물을 추가하여 약 4 ~ 5분간 재료가 균질하게 배합될 수 있게 하였으며 KS F 2403 공시체 제작 및 양생방법 규정에 따라 제작 및 양생을 하였다. 그리고 혼합방법은 잦은 굴패각 사용량 변경, 많은 공시체 수, 그리고 반복적인 공시체 제작관계로 강제식 믹서기를 사용하지 않고 직접 손비빔으로 혼합하여 제작하였으며 손비빔시 측정한 물의 양이 유실되지 않도록 최선을 다해 작업을 실시하였다. 여기서 사용한 공시체 크기는 Φ10㎝×20㎝이고 각각의 변수에 대해 3개씩을 기본으로 하고 재령 단계별을 고려하여 공시체를 제작한 후 실험실에서 자연건조상태로 양생하였다.

굴패각 콘크리트의 슬럼프 측정은 KS F 2402 콘크리트의 슬럼프 시험방법에 의해 실시하였으며 슬럼프값이 거의 나타나지 않는 경우에는 AE 감수제를 사용하여 혼합한 뒤 동일 방법으로 다시 실험을 실시하였다.

시험체의 압축강도 시험은 KS F 2405 콘크리트의 압축강도 시험방법으로, 인장강도 시험은 KS F 2423 콘크리트의 인장강도 시험방법, 부착강도 시험은 KS F 2732 콘크리트 압축강도 추정을 위한 인발강도 시험방법에 준하여 강도시험을 실시하였다. 부착강도 시험시 매입용 사용철근은 SD400 D10 이형철근으로 깊이 10㎝를 정확하게 표시한 뒤 정위치에 두고 매설하였으며 최대인발강도 값은 철근이 콘크리트와의 슬립현상이 발생한 값으로 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 재료분석

3.1.1 성분분석

Table 5는 굴패각과 굴패각 콘크리트의 화학적 구성성분을 조사하기 위해 Table 6과 같은 배합조건과 상태로 시료를 제작한 뒤 일정량을 채취한 후 이를 미세분말로 만들어 X선 형광분석(XRF)시험을 실시한 결과를 나타낸 것이다. 그리고 Fig. 1은 Table 5에서 5%이상 함유된 주요 구성 원소성분 변화를 쉽게 파악할 수 있도록 그림으로 나타낸 것이다.

Table 5 각 재료별 화학적 성분분석 (단위: 중량비 %)

구성원소	A	B	C	D	E
MgO	0.618	1.372	1.346	1.422	2.455
Al_2O_3	0.947	6.851	3.09	4.422	10.714
SiO_2	2.656	35.251	11.695	21.967	33.797
P_2O_5	0.275	0.142	0.187	0.176	0.28
SO_3	0.616	1.839	1.757	2.093	1.889
Cl	0.071	-	0.042	0.041	-
K_2O	0.126	1.911	0.875	1.309	1.614
CaO	93.988	46.959	76.821	63.703	38.613
TiO_2	-	0.33	0.278	0.286	0.603
MnO	-	0.213	0.215	0.235	1.097
Fe_2O_3	0.45	4.946	3.443	4.119	7.994
ZnO	-	0.109	0.12	0.133	0.769
SrO	0.253	0.055	0.132	0.092	0.074
ZrO_2	0.45	0.022	-	-	0.028
PbO	-	-	-	-	0.074

A: 굴패각 B:모르타르(시멘트+모래) C:시멘트+굴패각
D:시멘트+모래+굴패각 E:시멘트+모래+굴패각+석분

Table 6 XRD시험의 시료종류

시료종류	내용	배합비	비고
A	분쇄한 굴패각 시료	-	
B	시멘트+모래	1: 1	W/C=60%, 28일 양생
C	시멘트+굴패각	1: 1	W/C=60%, 28일 양생 입도크기:1.0 ~ 3.0㎜
D	시멘트+모래+굴패각	2 : 1: 1	W/C=60%, 28일 양생 입도크기:1.0 ~ 3.0㎜
E	시멘트+모래+굴패각+석분	1 : 1.5/2 : 1.5/2 : 3	W/C=60%, 28일 양생 입도크기:1.0 ~ 3.0㎜

Table 5 및 Fig. 1로부터 굴패각은 탄산칼슘이 94.0%로 대부분을 차지하며 굴패각을 콘크리트에 사용함에 따라 규산, 산화알미늄 등 미량의 성분들은 거의 변화가 없으나 탄산칼슘 성분은 절반이하로 감소함을 보이고 있다. 또한 굴패각을 콘크리트에 사용함에 있어서 콘크리트를 형성하는 성분들과의 증감만 달리할 뿐 새로운 원소생성이 없음을 알 수 있다.

Fig. 2는 굴패각 성분이 굴패각 콘크리트를 형성하는데 시멘트 및 골재와의 이상반응 여부를 조사하기 위해 각 시료별 결정 상호작용을 이용하여 물질 동정을 분석하는 X선 회절분석(XRD)시험 결과를 나타낸 것이며 Photo 2는 시멘트 수화물과 굴패각 입자 경계면에 대해 전자현미경 및 입체현미경 사진을 촬영한 것이다.

Fig. 2로부터 굴패각을 혼합한 각종 시료들의 화학성분을 나타내는 피크의 특성치는 모두 일치하며 주요 구성원소가 각각 독자적으로 형성하고 단지 성분증량으로 강도차이만을 보이고 있기 때문에 시멘트 및 골

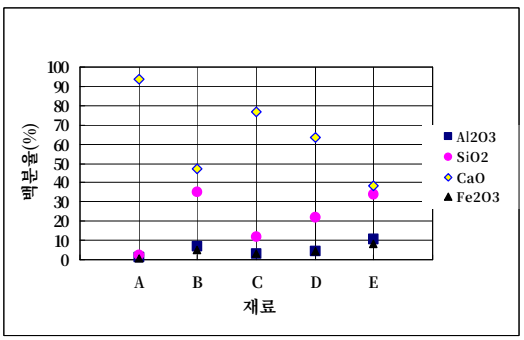


Fig. 1 각 재료별 주요성분 분석

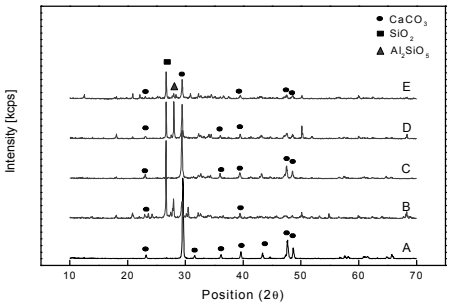


Fig. 2 각 재료별 XRD 분석결과 비교

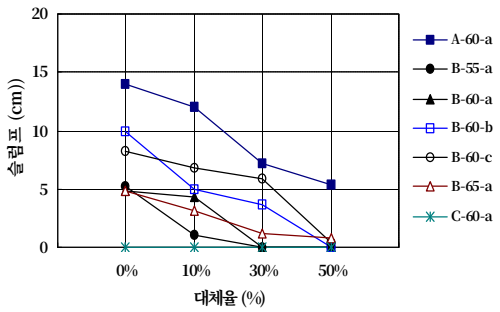
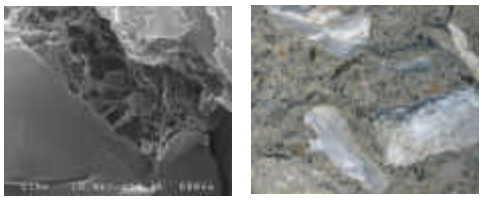


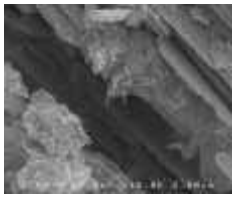
Fig. 3 배합형태별 굴패각 대체율에 대한 슬럼프 변화

재, 그리고 굴패각의 혼합에 따른 이상반응 및 새로운 생성물질이 없는 것으로 판단된다. Photo 2에서는 이러한 현상을 시각적으로 확인하기 위하여 시료 D, E에 있어서 시멘트 수화물과 굴패각 입자 경계면을 촬영한 것으로 시멘트 수화물의 침상구조 및 굴패각 입자의 매끄러운 표면은 서로 독립적으로 존재하고 있으며 서로 상호간의 이상반응이 없는 것으로 나타났다.



a) 굴패각과 석분 (SEM)

b) 굴패각과 석분 (입체, ×4,000)



c) 굴패각과 잔골재 (SEM)

d) 굴패각과 잔골재 (입체, ×4,000)

Photo 2 시멘트 수화물과 굴패각 입자 경계면 사진

3.2 작업성 특성

Fig. 3은 배합유형과 W/C비, 입도크기별 굴패각 대체율에 대한 슬럼프 변화를 도시한 것으로 굴패각 함유량이 증가할수록 슬럼프값은 매우 감소하며 골재량에 비해 수량이 적은 경우와 대체율 50%에서의 슬럼프값은 배합형 A를 제외하고는 거의 나타나지 않았다.

이것은 굴패각을 많이 사용할수록 굴패각이 배합수의 흡수량이 많아지고 Table 3으로부터 굴패각 입도크기가 작으면 작을수록 흡수율이 커지기 때문에 공시체 표면이 조잡해지고 거칠어지는 관계로 밀실한 다짐상태가 요구되므로 굴패각 콘크리트 제작시 굴패각 흡수율 정도를 충분히 고려하여야 한다.

또한 동일 W/C비에서의 입도크기에 대한 슬럼프값은 입도크기가 작아질수록 작업성이 우수하며 대체율이 증가함에 따라 거의 비례적으로 감소하는 양상을 보이며 동일 배합에 있어서 W/C비 변화에 대한 슬럼프값은 대체율이 30%이상 되어지면 W/C비 변화에 관계없이 거의 나타나지 않았다.

3.3 강도시험 특성

3.3.1 압축강도

Table 7은 배합유형별 강도시험 실시결과를 정리하여 나타낸 것이며 Fig. 4는 Table 7로부터 배합유형 및 W/C비가 동일한 조건에 있어서 입도크기별 재령에 대한 압축강도변화를 나타낸 것이다.

여기서 재령에 대한 압축강도 변화는 보통 대체율이 적을수록, 재령이 길수록 압축강도 변화는 증가하는데 굴패각을 혼합하지 않은 경우 초기 7일 압축강도는 28일 강도의 63~72%정도에 반해 굴패각을 혼합한 경우에는 54~74%정도로 강도발휘 범위가 넓게 나타났다.

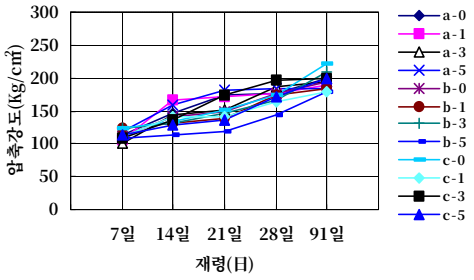


Fig. 4 입도크기별 재령에 대한 압축강도변화

그리고 재령 28일 및 91일 압축강도는 대체율 변화에 관계없이 모두 각 기준배합 강도의 90%이상 발휘하며 재령 단계별 강도증가분 변화는 비례적으로 나타나지 않았다.

Fig. 5~7은 배합유형과 W/C비, 입도크기별 굴패각 대체율에 대한 28일 압축강도 변화를 나타낸 것이다. Fig. 5과 6은 굴패각 사용크기를 일정하게 하고 배합유형 또는 W/C비에 대한 강도변화를 나타낸 것으로 이들의 주요인자는 각각 시멘트량과 수량의 변화이다. 여기서 배합유형의 시멘트 사용량이 제일 많은 A형과 W/C비 55% 및 65%에서의 압축강도는 대체율 증가에 따라 감소하는데 W/C비 60%의 경우 대체율 30%이상에서 동일 조건의 기준배합 강도만큼 상회하게 나타났다.

이것은 혼합 대체한 분쇄된 굴패각 상태가 완전 건조된 상태로 콘크리트 배합에 사용될 경우 적절한 배합관계를 이루면서 주변의 자유수를 굴패각이 흡수하여 상대적으로 W/C비가 감소하여 충전율과 결합력을 높여 밀실해지기 때문으로 판단된다.

Table 7 배합유형별 강도시험 결과치 (kgf/㎠)

배합 부호	대체율 (%)	압축강도					쪼갬인장강도		부착강도
		7일	14일	21일	28일	91일	7일	28일	
A-60-a-0	0	193.21	200.32	221.54	240.64	241.98	19.21	20.90	13.52
A-60-a-1	10	137.93	145.15	157.03	183.13	213.48	17.96	17.98	12.22
A-60-a-3	30	156.44	163.19	180.38	182.07	204.78	16.71	17.61	9.04
A-60-a-5	50	158.09	166.58	176.56	180.16	193.74	16.02	17.40	8.81
B-55-a-0	0	168.62	170.40	184.41	208.81	242.34	20.27	21.22	12.49
B-55-a-1	10	158.09	160.64	184.41	197.35	220.27	19.74	19.84	9.87
B-55-a-3	30	155.97	159.16	172.95	185.26	227.27	18.25	19.36	8.54
B-55-a-5	50	157.03	163.19	173.37	175.07	205.42	17.05	18.09	8.49
B-60-a-0	0	113.74	145.36	174.22	177.61	198.63	16.18	21.49	13.66
B-60-a-1	10	106.95	166.37	170.83	177.19	189.03	15.76	20.74	12.54
B-60-a-3	30	100.80	143.45	151.94	187.17	193.11	14.37	20.21	9.94
B-60-a-5	50	117.77	159.16	180.59	182.92	183.13	14.32	19.95	9.62
B-60-b-0	0	110.98	140.69	148.97	176.13	195.02	16.18	23.08	13.66
B-60-b-1	10	123.93	131.14	138.36	173.59	184.62	15.12	20.01	8.64
B-60-b-3	30	123.08	130.51	146.13	166.37	209.02	11.45	20.90	8.46
B-60-b-5	50	109.07	113.96	117.77	143.67	178.04	11.14	19.74	5.32
B-60-c-0	0	123.93	134.54	151.30	172.74	220.70	15.33	20.80	13.66
B-60-c-1	10	110.77	142.39	142.39	162.98	178.47	14.69	19.21	10.96
B-60-c-3	30	108.65	135.81	173.80	196.50	199.47	13.74	17.93	8.56
B-60-c-5	50	113.32	129.32	136.02	170.61	199.47	11.88	16.87	3.31
B-65-a-0	0	131.36	134.33	136.87	169.55	170.61	18.57	20.00	11.46
B-65-a-1	10	114.59	130.93	137.19	148.97	170.40	18.52	18.78	12.29
B-65-a-3	30	117.99	126.05	139.42	141.12	152.36	15.07	18.73	10.48
B-65-a-5	50	108.65	113.11	121.81	122.66	129.45	13.79	16.87	-
C-60-a-0	0	47.32	62.81	68.12	105.68	123.93	14.01	17.75	9.92
C-60-a-1	10	51.78	57.08	59.63	73.64	83.40	12.31	13.74	8.29
C-60-a-3	30	89.98	105.25	107.59	111.20	114.38	10.04	11.09	6.08

한편 Fig. 5의 C형에서는 작업성이 없는 관계로 AE 감수제를 사용하였으나 강도는 아주 미비하게 나타났다. Fig. 7의 굴패각 입도크기에 대한 압축강도 변화에 있어서 대체율 10%의 강도는 입도크기에 관계없이 기준배합 강도에 비해 최대 5.6%정도 떨어지며 대체율 30%에서는 입도크기 3.0~1.0㎜경우 기준강도에 대해 5.5%정도 감소하는 반면 5.0~3.0㎜ 및 1.0㎜이하에서는 기준강도 이상의 강도를 나타내었다. 이러한 결과로부터 강도면에 우수한 입도크기는 5.0~3.0㎜이고 콘크리트 배합시 굴패각 혼합량은 30%까지는 대체 가능한 것으로 보인다.

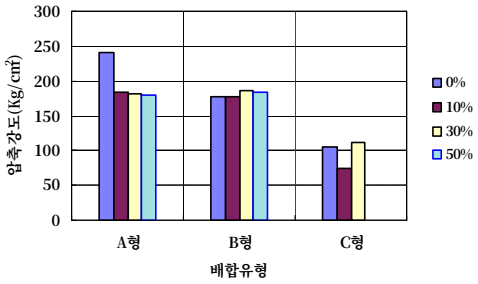


Fig. 5 배합유형별 압축강도변화
(W/C비=60%, 입도크기: 5.0-3.0㎜)

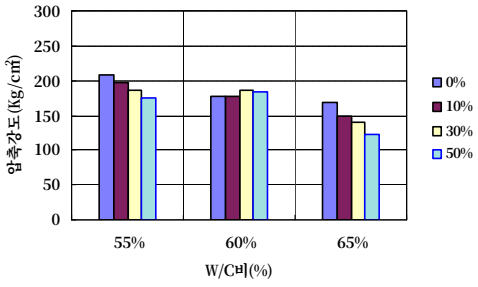


Fig. 6 W/C비별 압축강도변화
(배합유형: B, 입도크기: 5.0-3.0㎜)

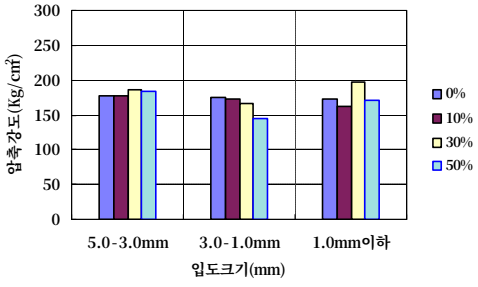


Fig. 7 입도크기별 압축강도변화
(배합유형: B, W/C비=60%)

3.3.2 인장강도

Table 7에서부터 재령 7일 및 28일 전체 평균 쪼갬 인장강도는 각각 압축강도의 13.4%와 11.7%로 나타나고 초기 7일 인장강도는 굴패각 혼합정도 여부에 관계없이 모두 평균 28일 강도의 82.6%정도를 나타내고 있다. Fig. 8~10은 압축강도에서와 같이 배합유형과 W/C비, 입도크기별 굴패각 대체율에 대한 28일 인장강도 변화를 나타낸 것이다. Fig. 8~10으로부터 굴패각 사용량이 증가할수록 인장강도 크기는 감

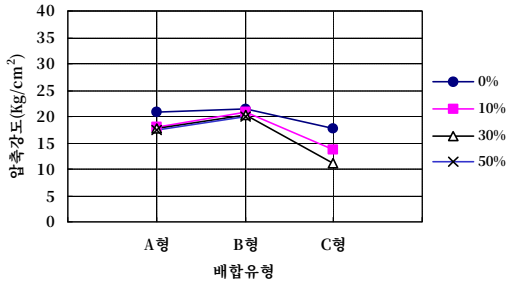


Fig. 8 배합유형별 인장강도변화
(W/C비=60%, 입도크기: 5.0-3.0㎜)

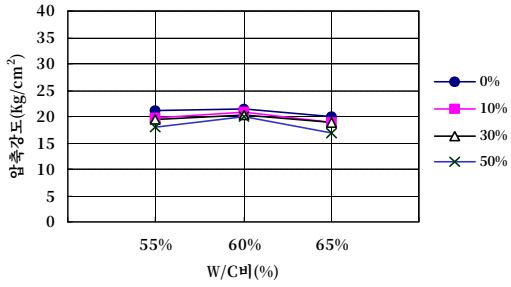


Fig. 9 W/C비별 인장강도변화
(배합유형: B, 입도크기: 5.0-3.0㎜)

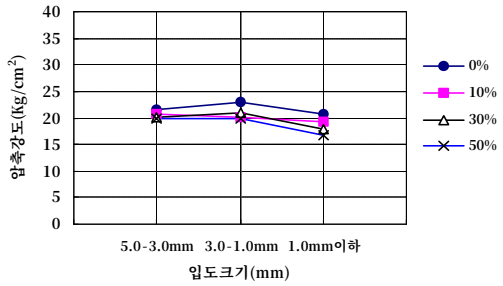


Fig. 10 입도크기별 인장강도변화
(배합유형: B, W/C비=60%)

소하는 일반적인 성향을 보이는데 W/C비 60%의 인장강도는 55%의 값보다 큰 강도증가는 없지만 3~7% 약간 크며 입도크기 3.0~1.0㎜가 다른 입도크기보다 다소 더 큰 인장강도를 보였다. 이러한 사실은 인장강도도 배합유형과 W/C비, 굴패각 사용량의 영향을 받는 것으로 판단되지만 입도크기의 강도변화에 대한 구체적인 원인을 밝히기 위해서는 더욱 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

3.3.3 부착강도

Fig. 11은 정착길이 관계를 이용하여 28일 부착강도 결과를 나타낸 것인데 부착강도 크기는 시멘트 사용량이 많을수록, 굴패각 대체율이 적을수록 높은 부착강도을 나타내고 있다.

그러나 입도크기에 의한 부착강도 크기는 5.0~3.0㎜, 1.0㎜이하, 3.0~1.0㎜의 순으로 크며 대체율 30%까지는 기준강도의 62%이상 나타났다.

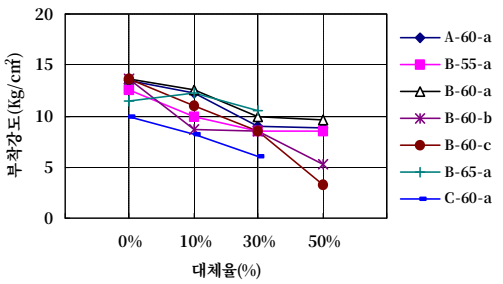


Fig. 11 대체율별 부착강도변화

3.3.4 강도상호간의 상관관계

굴패각 콘크리트의 압축강도 및 인장강도, 부착강도 사이와의 상호관계를 예측하기 위해 관련된 전체 측정값을 모두 사용하여 회귀분석한 결과 Fig. 12~14와 같이 구하였다.

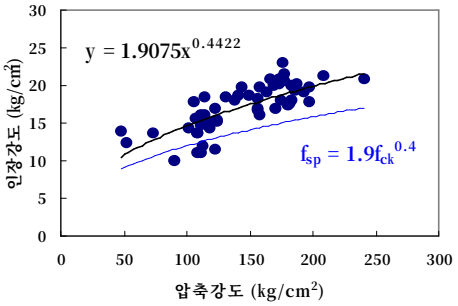


Fig. 12 굴패각 콘크리트의 압축강도와 인장강도와의 관계

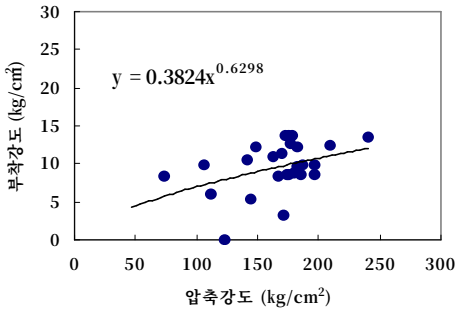


Fig. 13 굴패각 콘크리트의 압축강도와 부착강도와의 관계

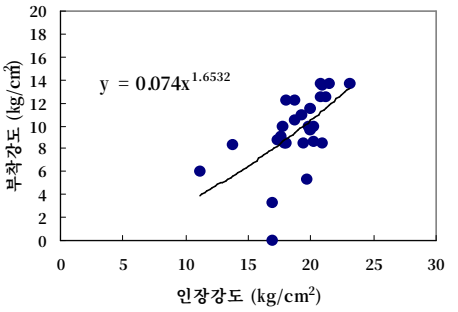


Fig. 14 굴패각 콘크리트의 인장강도와 부착강도와의 관계

압축강도에 대한 인장강도 및 부착강도 값은 굴패각을 사용하지 않은 기준강도에 있어서는 각각 10~17%와 6~9%정도이지만 굴패각을 사용한 경우에는 9~14%와 5~7%정도로 굴패각 콘크리트가 기준강도의 인장 및 부착성능보다 약간 더 우수하며 굴패각 사용 콘크리트에서의 인장 및 부착강도에 있어서도 인장강도가 부착강도보다 약 1.5~2.5배 정도 더 높은 강도를 보였다.

$$f_{sb} = 1.0 f_{ck}^{0.74} \quad (1)$$

$$f_{sb} = 0.583 f_{ck}^{0.63} \quad (2)$$

$$f_{sb} = 0.047 f_{ck}^{1.23} \quad (3)$$

여기서

f_{ck} : 압축강도

f_{sb} : 쪼갬인장강도

f_{bu} : 부착강도

이러한 관계식으로부터 굴패각 인장강도 및 압축강도 관계를 안전측의 오차를 고려하여 다음과 같이 단순화할 수 있다.

$$f_{sb} = 1.0 f_{ck}^{0.7} \quad (4)$$

4. 결 론

본 연구에 있어서 분쇄한 굴패각을 콘크리트용 잔골재로 활용하기 위해 굴패각 입도크기에 대한 굴패각 콘크리트 특성을 실험적 연구 수행한 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 분쇄한 굴패각을 잔골재 대체재로 사용할 경우 굴패각 입도크기가 작을수록, 굴패각 대체율이 증가할수록 작업성과 강도성능에 미치는 영향은 증가한다. 이러한 주요 요인은 굴패각 입도크기별에 대한 흡수율 때문으로 판단된다.
2) 물시멘트비 60%전후에서 굴패각 콘크리트의 재령 7일, 28일, 91일 압축강도는 기준강도에 대해 최대 10%정도 감소하거나 상회하므로 굴패각을 사용하여도 콘크리트 압축강도 발현에 지대한 영향을 미치지 않는다.
3) 굴패각 입도크기에 대한 작업성 및 강도분석 결과 굴패각을 잔골재 대체재로서 사용성이 우수한 굴패각 입도크기는 5.0~3.0㎜가 이상적이며 잔골재 대체율의 정도는 약 30%까지 가능한 것으로 판단된다.
4) 굴패각 인장 및 압축강도 상관관계를 조사한 결과 안전 오차를 고려하여 이들 관계식은 $f_{sb} = 1.0 f_{ck}^{0.7}$로 제한할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00084-0)지원으로 수행된 연구로서 연구지원에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 김정섭, 김광섭, 김판선, "고막 패각의 콘크리트 잔골재로 재활용 방안에 관한 연구", 한국건축시공학회 논문집, 제4권 1호, 2004. 3. pp.141~146.
2. 어석홍, 황규한, 김정규, "콘크리트용 골재로써 굴패각의 활용", 한국콘크리트학회 논문집, 제14권 4호, 2002. 8. pp.540~548.
3. 양은익, 윤길림, 심재설, "굴패각을 혼합한 콘크리트의 역학적 특성조사", 대한토목학회논문집, 제21권 6-A호, 2001. 11. pp.773~784.
4. 한국콘크리트학회, "최신콘크리트공학", 한국콘크리트학회, 1992.
5. 대한건축학회, "건축재료", 기문당, 1997.
6. "어업생산통계", 통계청, 2004.
7. 한국표준협회, "한국산업규격", 한국표준협회. 2003.
8. Falade, F., "An Investigation of Periwinkle Shells as Coarse Aggregate in Concrete", Building and Environment, Vol.30, No.4, pp.573~577, 1995.
9. Okafor, F. O., "An Investigation on the Use of Superplasticizer in Palm Kernel Shells Aggregate Concrete", Cement and Concrete Research, Vol.21, pp.551~557, 1991.
10. Okpala. D. C., "Palm Kernel Shells as a Lightweight Aggregate in Concrete", Building and Environment, Vol.25, No.4, pp.291~296, 1990.
11. Neville, "Properties of Concrete", 3rd Edition, Pitman publishing Limited, London, 1981.

(접수일자 : 2005년 4월 29일)