

굴패각을 잔골재로 대체 사용한 콘크리트의 장기성능 평가

양은익^{1)*} · 이성태²⁾ · 김학모¹⁾ · 심재설³⁾

¹⁾강릉대학교 ²⁾충청대학 ³⁾한국해양연구원

(2002년 11월 13일 원고접수, 2003년 2월 25일 심사완료)

Long-Term Performance Evaluation of Concrete Utilizing Oyster Shell in Lieu of Fine Aggregate

Eun-Ik Yang¹⁾, Seong-Tae Yi²⁾, Hak-Mo Kim¹⁾, and Jae-Seol Shim³⁾

¹⁾ Kangnung National University, Kangnung, Korea

²⁾ Chungcheong College, Cheongwon, Korea

³⁾ Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan, Korea

(Received November 13, 2002, Accepted February 25, 2003)

ABSTRACT

To evaluate the practical application of oyster shells(OS) as construction materials, an experimental study was performed. More specifically, the long-term mechanical properties and durability of concrete blended with oyster shells were investigated.

Test results indicate that long-term strength of concrete blended with 10% oyster shells is almost identical to that of normal concrete. However, the long-term strength of concrete blended with 20% oyster shells is appreciably lower than that of normal concrete. Thereby, concrete with higher oyster shell blend has the possibility of negatively influencing the concrete long-term strength. Elastic modulus of concrete blended with crushed oyster shells decreases as the blending mixture rate increases. Namely, the modulus is reduced to approximately 10~15% when oyster shells are blended up to 20% as the fine aggregate.

The drying shrinkage strain increases with an increasing crushed oyster shells substitution rate. In addition, the existing model code of drying shrinkage and creep do not coincide with the test results of this study. An adequate prediction equation needs to be developed.

The utilization of oyster shells as the fine aggregate in concrete has an insignificant effect on freezing and thawing resistance, carbonation and chemical attack of concrete. However, water permeability is considerably improved.

Keywords : oyster shell, substitution rate, long-term mechanical properties, durability

1. 서 론

우리나라의 남해 및 일부 서해 연안에서 이루어지는 굴 양식은 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 있어 굴 집하장 주변에는 막대한 굴 패각 [굴껍질(Oyster Shell, OS), 거제시와 통영시 일대에 약30 만톤/년 발생]이 산업폐기물로서 남게 된다. 굴패각은 현재 굴 채묘 및 비료 등으로 일정량이 재활용되고 있기는 하지만 재활용 가능량의 양적 한계 및 처리 시의 집하장 확보, 굴패각의 농토 살포 후 토질응결 및 처리의 경

제성 등의 문제점이 거론되어 재활용의 활성화가 지연되고 있다. 따라서 양식되는 대부분의 굴패각은 재활용되지 않고 매립하거나 주변에 불법으로 적재하는 형식으로 처리되고 있는 실정이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 굴패각을 대량으로 처리하기 위한 기본연구로써 굴패각을 콘크리트의 골재로 사용하려는 연구¹⁻³⁾가 몇몇 연구자에 의해 진행되어 왔다. 또한, 이를 사용한 콘크리트의 물리적, 화학적 특성은 물론 역학적, 시공적 특성을 검토한 결과, 그 활용의 가능성이 보고 되고 있다. 그러나 기존의 연구는 단기 재령에 대한 결과에 국한되어 있으며 실제 적용을 위해서는 굴패각의 혼합에 따른 장기특성 및 내구성에 대한 다각적인 연구가 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 분쇄한 굴패각의 잔골재로의 대

* Corresponding author

Tel : 033-640-2418 Fax : 033-646-1391

E-mail : eiyang@kangnung.ac.kr

체(Substitution rate, SR)사용이 콘크리트의 장기 역학적 특성 및 내구성에 미치는 영향을 정량적으로 검토하여 골패각의 건설재료로써 실용화 가능성을 제시하고자 하였다.

2. 실험 개요

2.1 사용 재료

콘크리트의 제조를 위해 시멘트는 L사의 1종 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 잔골재는 강릉시 송정지역 모래(비중=2.58, 흡수율=1.64%, F.M.=2.98)를, 굵은골재는 강릉시 임곡석산 채석(비중=2.75, 흡수율=0.57%, $G_{max} = 25$ mm)을 사용하였다. 한편 콘크리트에 혼합하는 골패각은 원활한 분쇄를 위하여 110 ± 10 °C 건조로에서 24시간 건조시킨 후 조크리서를 사용하여 5mm체를 통과하도록 분쇄하였고, 추후에 현장적용성을 고려하여 건조된 상태에서 콘크리트에 혼합하는 방법을 채택하였다. 분쇄한 골패각은 비중=2.48, 흡수율=2.9%, F.M.=2.8이었다. 한편, 골패각의 입형이 주로 납작하고 편평한 판상형이므로, 혼합에 따른 시공성 저하가 예상되어 이를 보상하기 위해서 J사의 AE제, 감수제, 및 고성능감수제를 용도에 따라 사용하였다.

2.2 콘크리트 배합비

골패각의 대체에 따른 콘크리트 특성의 변화를 조사하기 위하여 실시한 실험의 콘크리트 배합비는 목표 슬럼프를 10 ± 1.5 cm로, 공기량은 혼화제를 첨가하여 5.5 ± 1.0 %를 만족하도록 하였다. 실험에 사용한 배합을 정리하여 나타내면 Table 1과 같다.

Table 1의 배합비는 해양 콘크리트의 내구성 확보를 위해 요구되는 W/C의 기준치⁽⁴⁻⁶⁾를 만족하는 배합이며, 설계기준강도는 28 MPa를 목표로 하였다. 골패각의 대체율은 사용 잔골재의 부피를 기준으로 정하였으며, 골패각에 포함되어 있는 염화물 이온량이 콘크리트 관련 규정(0.3 kg/m^3)을 만족하도록⁽⁴⁷⁾ 골패각의 성분조사 결과를 근거하여 10%를 상한 대체율로 정하였으나 예외 규정으로 0.6 kg/m^3 까지 대체가 가능한 경우를 고려하여 20%에 대한 비교 실험도 포함하였다. Table 1에서 NNO, OS10, 및 OS20은 각각 대체율 0, 10, 및 20%를 의미한다.

Table 1 Mixture proportions of concrete

Type of mixture	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m^3)				AE제 (%)	WRA (%)	SP (%)
			W	C	S	G			
NNO	45	43	175	389	723	1,021	0.02	0.25	-
OS10	45	43	175	389	651(70)	1,021	0.03	1.00	-
OS20	45	40	175	389	538(130)	1,075	0.02	-	1.6

Note: values in parentheses are OS substitution contents.

2.3 실험 변수 및 방법

골패각의 대체율에 따른 장기역학적 특성과 내구성을 파악하기 위하여 실시한 본 실험은 두 가지로 나누어 실시되었다. 장기역학적 특성을 검토하기 위해서 압축강도, 탄성계수, 건조수축 및 크리프에 대한 시험을 실시하였고, 내구성을 검토하기 위해서 동결융해, 탄산화, 화학침식 및 투수 저항성에 대한 실험을 실시하였으며 실험의 변수 및 측정항목을 정리하여 나타내면 Table 2 및 Table 3과 같다. 콘크리트 제작에 있어 사용한 콘크리트 믹서는 팬형 강제식(용량=60 liter, 25 rpm)을 사용하였으며 실험에 필요한 사용량을 고려하여 1회 배치량을 25리터 이상으로 하였다.

배합은 일괄투입 방법을 채택하였으며 각 재료를 투입한 후 배합수를 투입하는 순간부터 3분간 비빔을 실시하였다. 배합이 완료되면 즉시 콘크리트를 배출하여 굳지 않은 콘크리트 실험법⁽⁸⁾에 따라 실시하였으며 남아 있는 콘크리트를 사용하여 실험에 소요되는 수와 형상에 따라 공시체를 제작하였다. 제작한 원주 공시체는 KS F 2405에 따라 재령 1일에 탈형하였으며, 탈형 즉시 양생소에서 수증양생을 실시하였다.

실험 목적에 따라 실시하는 각 재령 별 장기역학적 특성치는 실험조건을 만족하도록 각 재령에서 시편을 꺼내어 압축강도 실험에서는 재하면을 연마기로 처리한 후 2,000 kN UTM을 사용하여 실험을 실시하였고 탄성계수를 측정할 때는 공시체의 중앙부 양면에 콘크리트용 스트

Table 2 Test variables for long-term mechanical properties

Item	Content	Details
Compressive strength	KS F 2405	7, 14, 28 days, 2, 3, 6, 12 months
Elastic modulus	Stress-strain curve	14, 28 days, 6, 12 months
Drying shrinkage	Length variance	Temperature(23 ± 1 °C), Relative humidity(50 ± 3 %) Drying start: age 7 days
Creep	Length variance	Average of three specimens Load applying: age 14 days

Table 3 Test variables for durability

Resistance item	Content	Details
Freezing and thawing	KS F 2456	Dynamic modulus of elasticity and weight variances with age
Carbonation	Carbonation depth	Carbon dioxide concentration: 10%
Chemical corrosion	Weight reducing rate	Sulfuric acid 5% Hydrochloric acid 2%
Permeability	KS L 5105	Permeated content with case

Table 4 Summary of compression properties (unit : MPa)

SR	Age	Compressive strength						Elastic modulus ($\times 10^4$)				
		7 days	14 days	28 days	2 months	3 months	6 months	1 year	14 days	28 days	6 months	1 year
0%		25.8	29.2	29.3	33.7	33.9	38.8	40.6	3.40	3.35	3.54	3.48
10%		25.3	28.7	29.1	31.9	33.9	36.5	39.2	2.98	3.12	3.34	3.14
20%		25.0	29.6	29.6	31.2	30.0	34.3	37.2	2.86	2.99	3.27	2.94

레인 게이지(측정거리=60mm)를 부착하여 각 하중 단계별 변형률을 측정하였고 각 실험의 단계에서 얻어지는 응력-변형률 곡선의 관계로부터 탄성계수를 계산하였다. 탄성계수를 계산하는 방법으로는 최대응력의 40%에서 구한 할선탄성계수(Secant Modulus)법⁹⁾을 채택하였다.

건조수축 특성실험에는 10×10×40cm 각주 시험체를 사용하였으며, 시험체의 양 측면에 측정을 위한 측정점을 각각 25cm 간격으로 설치하고 demec gage(최소눈금=1mm)를 사용하여 계획된 재령에서의 길이변화를 측정하였다. 건조수축 시험체는 재령 1일에 탈형하여 습윤양생 6일 후에 온도 23±1℃, 습도 50±3% 항온항습실에서 양생하였다. 크리프 특성실험에는 용량 300 kN의 스프링 재하식 시험기를 사용하였으며 시험체의 건조를 배제한 basic creep 시험을 실시하였다. 크리프 실험을 실시한 실내의 온도는 20±3℃, 습도는 70±5% 수준이었다. 시험체로는 $\phi 10 \times 20$ cm 원주 공시체를 연마하고 길이방향으로 3개 연립하여 하중을 재하하였다. 재하하중은 시험당시의 압축강도 측정값을 고려하여 이 측정값의 30% 범위에서 선정하였다.

내구성 특성 실험 중에서 동결융해 저항성 실험은 KS F 2456 규정에 따라 실시하였다. 탄산화 및 화학약품에 대한 저항성 실험은 $\phi 10 \times 20$ cm 원주 공시체를 사용하였고 투수에 대한 저항성 실험에 사용된 시험체는 KS L 5105 규정에 따라 제작하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 장기역학적 특성

3.1.1 압축강도 및 탄성계수

분쇄한 골재를 잔골재의 대체재로 사용한 콘크리트의 실험결과를 정리하여 나타내면 Table 4, Fig. 1, 및 Fig. 2와 같다. Fig. 2에는 측정된 실험결과 외에 압축강도를 예측하는데 사용되는 각 CODE(ACI Model, CEB-FIP Model)¹⁰⁾로부터의 예측결과도 함께 나타내었다.

Table 4 및 Fig. 1의 결과에 따르면, 골재각의 잔골재로서의 대체가 콘크리트의 재령 28일까지의 압축강도에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었으나, 재령 28일 이후의 압축강도에는 영향이 있는 것으로 나타났다. 즉, 골재각

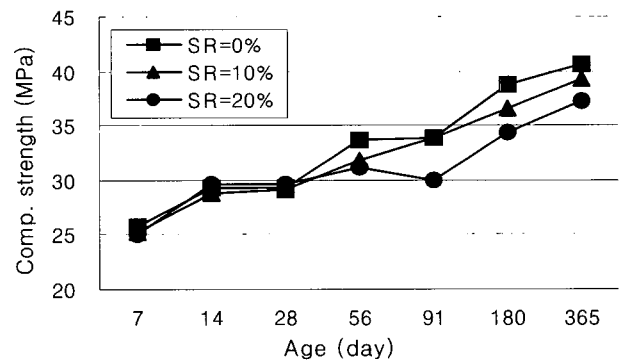


Fig. 1 Relation between compressive strength and SR

의 대체율이 증가할수록 28일 이후의 압축강도 발현율이 적은 것으로 나타났으며 골재각 대체율 0%, 10%, 20%에 대해 증가율이 각각 40%, 35%, 25%였다. 그러나, 압축강도가 골재각의 대체비율에 따라 비례적으로 변화하지는 않았다.

Fig. 2의 결과에 따르면, ACI와 CEB-FIP의 CODE로부터의 값은 서로 유사한 값을 나타내었으며 골재각 대체의 영향을 효과적으로 반영하지 않는 것으로 나타났다. 따라서, 산업폐기물을 대체 사용한 콘크리트의 장기재령 압축강도는 대체율을 고려한 모델식을 제안할 필요가 있다. 골재각을 다량 대체한 경우, 장기재령의 강도 저하는 콘크리트 속에 존재하는 골재각이 상대적으로 낮은 강도를 갖는 것으로 인한 응력 집중 효과 때문인 것으로 판단된다.

한편, Fig. 3에 나타난 바와 같이 골재각의 대체에 따른 탄성계수의 저하는 대체율이 증가할수록 대체율에 거의 비례하여 저하하였으며, 골재각 대체율 20%에서 탄성계수는 10~15% 범위에서 저하하였다.

3.1.2 건조수축

골재각을 잔골재 대체재로 사용한 콘크리트의 건조수축 거동을 파악하기 위하여 각 실험변수에 대해 실시한 결과를 정리하여 나타내면 Fig. 4 및 5와 같다. Fig. 4에서는 건조수축을 예측하는데 일반적으로 사용되는 각 CODE(ACI Model, CEB-FIP Model, BP Model)의 예측 결과를 함께 비교하였다. CODE Model에 사용된 배합인자 중 골

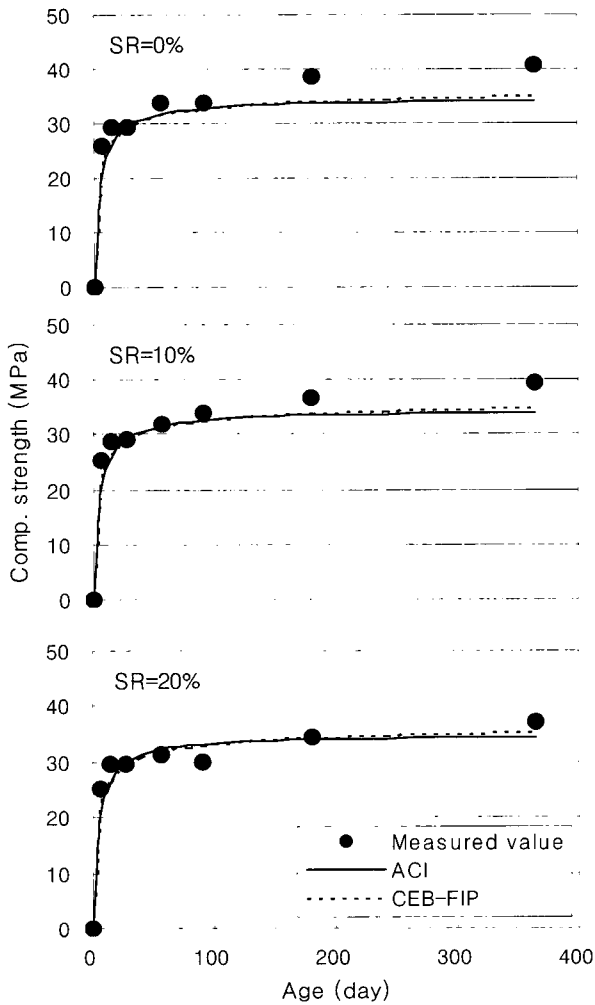


Fig. 2 Compressive strength development with SR of OS

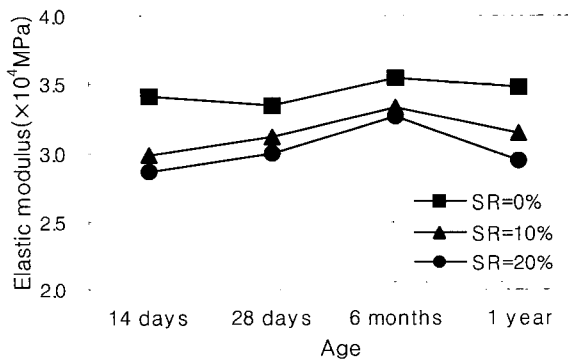


Fig. 3 Relation between elastic modulus and SR

패각의 체적분은 잔골재로 취급하였다. 또한 그림 안의 수식은 실험결과에 대하여 회귀분석으로부터 얻어진 모델식을 나타낸다.

Fig. 4에 따르면 각 CODE의 예측값은 CEB-FIP, ACI, 그리고 BP 순으로 점점 큰 값을 나타내었으며, BP의 경우 초기에 예측값의 증가율이 크게 나타났다. 실험결과와 예

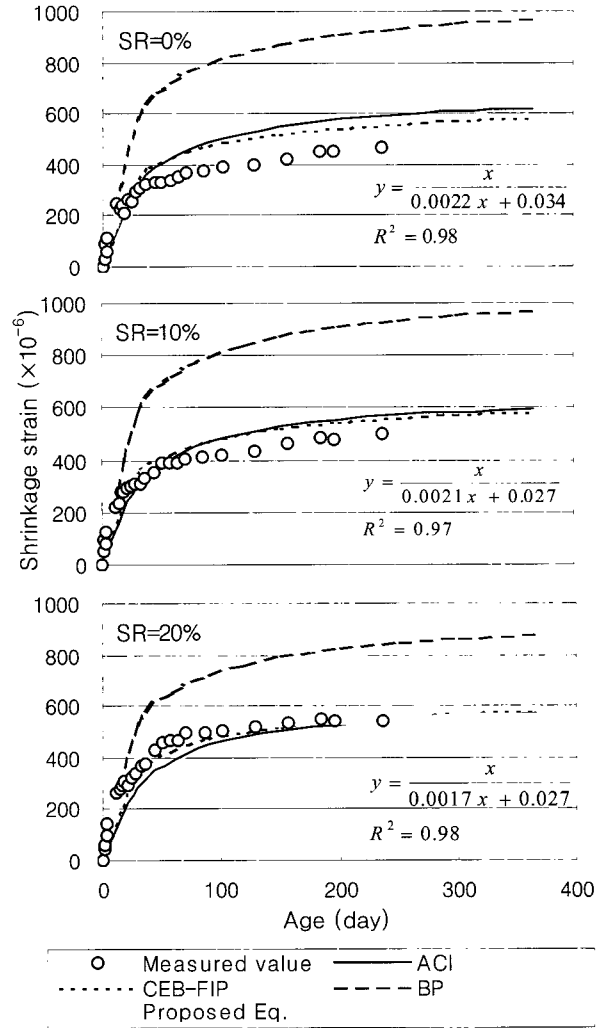


Fig. 4 Shrinkage-time curve with SR

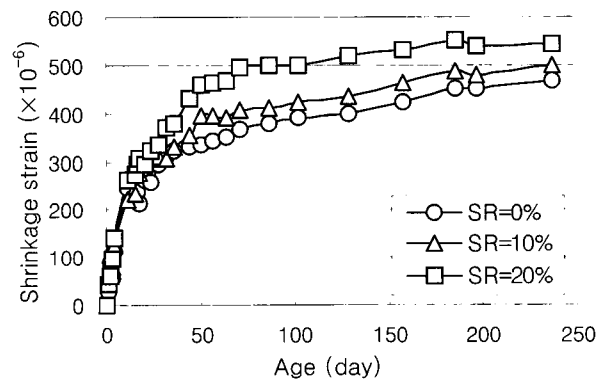


Fig. 5 Influence of SR on shrinkage strain

측값을 비교하여 보면 건조수축 발생량은 세 가지 모델식 중 CEB-FIP 모델식이 예측값에 가장 근접하는 결과를 보였다. 한편, 각 모델식은 SR이 증가할수록 작은 예측값을 주었는데, SR=20%의 경우, CEB-FIP와 ACI의 모델식은 실험결과와 거의 유사한 결과를 나타내었다.

한편, Fig. 5는 골패각의 대체율이 증가할수록 건조수축이 증가함을 나타내고 있으며 건조수축량의 절대값은 물론 증가율도 크게 나타남을 보이고 있다. 함수식에 따르면 각각의 대체율에서 시간이 무한히 흘렀을 때의 최종수축율은 각각 456, 487, 581 $\times 10^{-6}$ 에 수렴하였다. 즉, 회귀분석을 이용한 건조수축률의 증가량을 살펴보면 대체율 10%는 7%, 대체율 20%는 28%의 증가량을 보이는 것을 알 수 있다. 이러한 건조수축의 증가는 골패각의 낮은 강성 및 함유되어 있는 미립분의 영향 등에 기인한다고 판단된다.

3.1.3 크리프

건조수축의 경우와 마찬가지로 산업폐기물인 골패각의 잔골재 대체로 인한 크리프의 변화는 구조물의 추가적인 변형 및 응력 재분배에 큰 영향을 미치므로 이에 대한 검토가 요망된다. 이를 위하여 골패각을 잔골재 대체재로 사용한 콘크리트 크리프 변형률의 측정을 실시하였으며 그 결과를 정리하여 나타내면 Fig. 6 및 Fig. 7과 같다. 재하 하중은 콘크리트 압축강도의 30%에 해당하는 수준인 70 kN을 가하였다. Fig. 6에서는 실험결과와의 비교를 위하여 크리프 변형률 예측에 널리 사용되는 각 CODE(ACI Model, CEB-FIP Model, BP Model)의 예측값을 함께 비교하였다. CODE에 사용된 배합인자는 건조수축에서의 동일하게 취급하였다.

이 실험에서는 크리프 발생량을 8개월간에 걸쳐 측정하였으나, 재하 1개월 이후의 계측에 오류가 발생하여 1개월까지의 데이터만이 분석에 사용되었다. Fig. 6에 따르면 각 CODE값은 건조수축의 경우와는 다르게 BP, ACI, CEB-FIP순으로 점점 큰 값을 예측하였으며 ACI Model의 경우 골패각의 대체에 따른 예측값의 변화가 크게 나타남을 보였는데 이것은 골패각 대체율에 따른 배합의 차이가 크게 반영되기 때문으로 판단된다. 이에 비해 다른 Model의 경우 골패각의 대체에 따른 영향이 크게 나타나지 않음을 보였다.

골패각을 대체한 콘크리트의 크리프 특성은 사용 모델에 따라 예측값이 다르고 그 영향을 적절히 평가하기는 어려우나, 이번 실험값에 따르면 ACI Model이 가장 근접한 값을 나타내었으며, 그 특성을 만족할 정도로 예측하기 위해서는 골패각을 대체한 콘크리트의 크리프 특성을 고려한 기존 모델식의 수정이 필요할 것으로 사료된다.

골패각의 대체율에 따른 크리프 특성을 비교한 Fig. 7을 살펴보면, 초기의 크리프 발생은 대체율이 증가할수록 크지만 재령이 경과할수록 그 차이가 점차 감소하는 것으로 나타났다. 즉, 골패각의 대체유무에 따른 영향이 명확히 나타나지 않았다.

골패각을 포함한 콘크리트의 크리프 특성에 대한 정확한 검증 및 정량화를 위해서는 보다 장기적인 크리프 특성의 계측이 요망되며 이에 대한 비교분석을 지속적으로 수행할

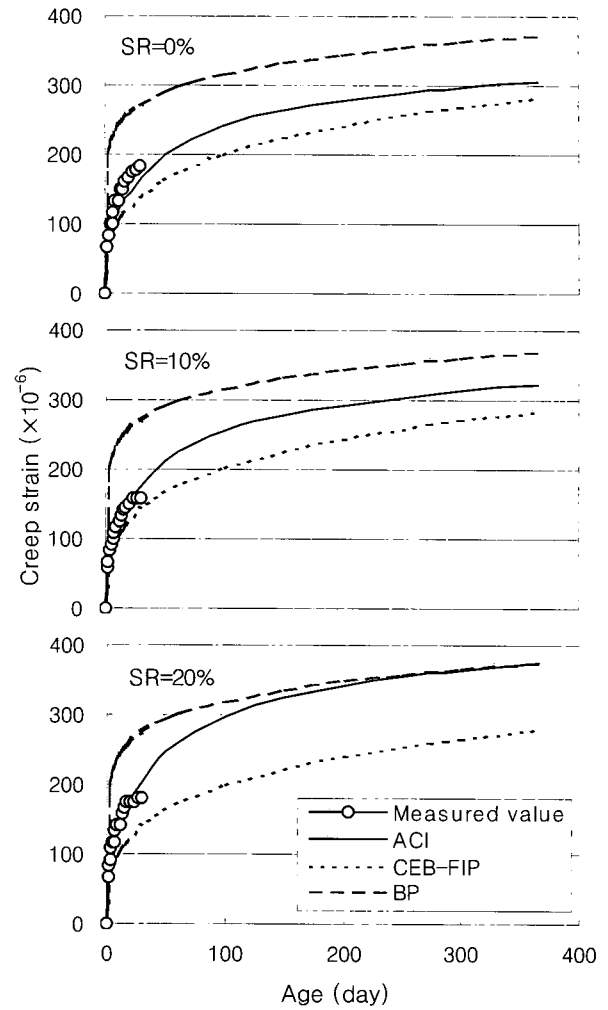


Fig. 6 Comparison of test results and predicted values

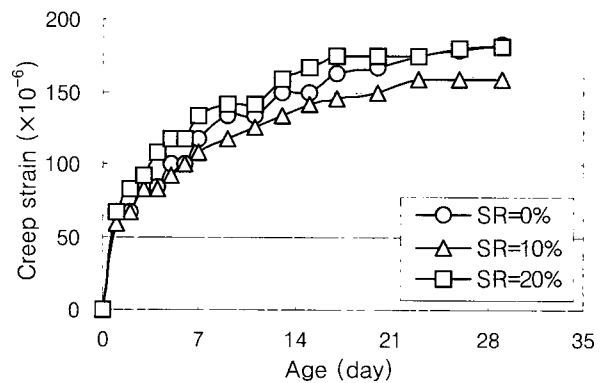


Fig. 7 Influence of SR on creep strain

필요가 있다고 판단된다. 재령 1개월에서의 변형률을 골패각 대체율에 따라 정리하여 나타내면 Table 5와 같다. 1개월까지의 순간 탄성 변형률은 골패각 대체율의 증가에 따라 증가하여 전체 변형률에서도 같은 경향을 보였다. 하지만 크리프 변형률에는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다.

Table 5 Summary of each strain with SR (at 1 month)

	Instantaneous elastic strain	Creep strain	Total strain
SG = 0%	267	183	450
SG = 10%	305	159	464
SG = 20%	318	181	499

(unit : $\times 10^{-6}$)

3.2 내구성 특성

3.2.1 동결융해 저항성

골패각 대체율에 따른 동결융해 저항성을 비교하기 위한 실험(A법)을 실시하였으며, 그 결과를 정리하면 Fig. 8과 같다. Fig. 8에 따르면 동결융해 횟수가 증가하여도, 동탄성계수는 골패각을 대체한 콘크리트가 더 작은 변화율을 보였고, 중량변화는 골패각을 대체한 콘크리트가 대체하지 않은 콘크리트보다 양호하였다. 즉, 골패각 대체가 동결융해 저항성에 나쁜 영향을 미치지 않는 것으로 사료되며 골패각을 포함한 콘크리트의 동결융해 저항성에 대한 정량적인 평가를 위해서는 보다 많은 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다. 골패각 대체율에 따른 콘크리트의 내구성지수(DF)는 각각 82.7, 93.3, 85.4%로 측정되었다.

3.2.2 탄산화 저항성

골패각 대체율이 콘크리트의 탄산화 특성에 미치는 영향을 검토하기 위해 이산화탄소 10%의 환경에서 탄산화촉진 실험을 실시하고 해당 재령에서 쪼갬인장파괴 시킨 후에 공시체의 파단면에 1% 페놀프탈레인-알콜 용액을 분무하여 변색된 부분의 깊이를 측정하였다. 실험결과는 5주까지의 결과가 수집되었으며 그 결과를 정리하여 나타내면 Fig. 9와 같다. 실험결과에 따르면 탄산화 재령이 증가할수록 탄산화 깊이는 커지는 것을 나타냈으며, 골패각의 대체율에 관계없이 동일한 정도의 탄산화속도를 보였다. 즉, 탄산화속도에는 골패각의 대체율이 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

3.2.3 화학침식 저항성

골패각 대체에 따른 콘크리트의 화학 저항성 실험에서는

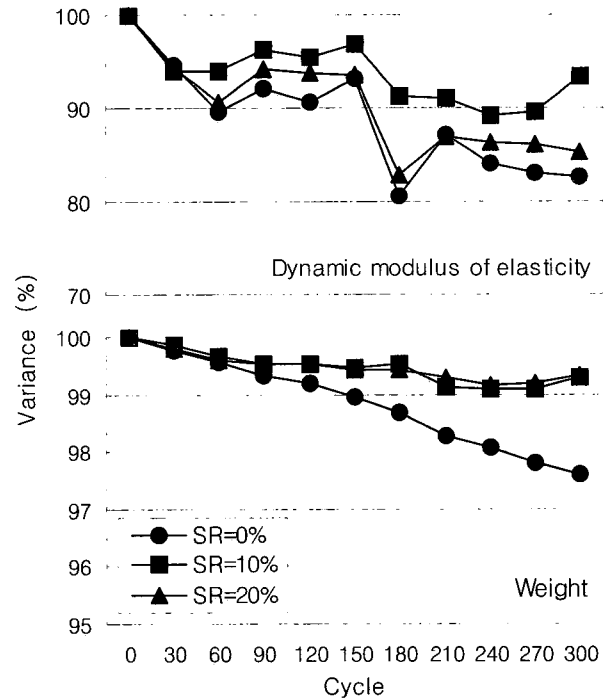


Fig. 8 Resistance to freezing and thawing

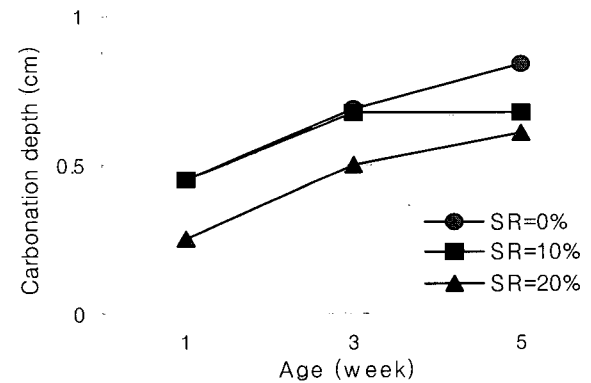


Fig. 9 Resistance to carbonation

황산(Sulfuric acid) 5% 및 염산(Hydrochloric acid) 2%용액에 콘크리트 시험체를 침지시키고 재령 경과에 따른 중량변화를 측정하였다. 소요의 재령이 경과한 후에 공시체 표면의 상태는 침지 재령이 증가할수록 콘크리트의 침식이

Table 6 Permeability characteristics with SR of OS

SR (%)	Initial weight (gf)	Dried weight (gf)	Permeated weight (gf)	Permeated content (gf)	Ave. Permeated content (gf)	Permeability ratio
0	1,530.98	1,483.50	1,486.11	2.61	2.845	-
	1,510.27	1,463.40	1,466.48	3.08		
10	1,478.78	1,426.00	1,426.52	0.52	0.640	0.22
	1,474.24	1,423.20	1,423.96	0.76		
20	1,353.61	1,304.90	1,305.34	0.44	0.525	0.185
	1,350.59	1,301.80	1,302.41	0.61		

4. 결 론

이번 연구의 범위에서 도출된 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 골패각의 대체가 재령 28일의 압축강도에는 영향을 미치지 않지만 일정하고 이상의 골패각을 대체한 경우, 장기재령에서의 강도증진이 상대적으로 감소되었다.
- 2) 골패각의 대체에 따른 탄성계수 저하는 대체율에 거의 비례적으로 저하하였으며 골패각의 대체율 20%에서 약 10~15% 저하하였다.
- 3) 골패각의 대체율이 증가할수록 건조수축 발생량은 증가하였으며 기존의 건조수축과 크리프 모델식은 골패각의 증가에 따른 영향을 잘 반영하지 못하였고 이에 대한 예측식의 보정이 필요하다고 판단된다.
- 4) 산골재의 일부를 골패각으로 대체하여도 콘크리트의 동결융해 저항성, 탄산화 저항성, 및 화학침식 저항성에는 나쁜 영향을 미치지 않으며, 투수 저항성은 오히려 크게 개선되었다.

감사의 글

이 연구는 한국해양연구원(Korea Ocean Research and Development Institute, KORDI)의 연구비 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. 양은익, 손명수, 김학모, 정용일, "골패각의 콘크리트 산골재의 활용성", 한국콘크리트학회 봄학술발표회 논문집, 제13권, 1호, 2001, pp.501-506.
2. 양은익, 윤길립, 심재설, "골패각을 혼합한 콘크리트의 역학적 특성조사", 대한토목학회 논문집, 제21권, 제 6-A호, 2001, pp.773-784.
3. 어석홍, 황규한, 김정규, "콘크리트용 골재로서 골패각의 활용성", 한국콘크리트학회 논문집, 제14권, 4호, 2002, pp.540-548.
4. 대한토목학회, "콘크리트 표준시방서", 1996.
5. ACI Committee 201, "Guide to Durable Concrete," *ACI Manual of Concrete Practice*, part1, ACI 201, 1992, p.39.
6. CEB, "Durable Concrete Structures," Thomas Telford, 1992, p.112.
7. 한국콘크리트학회, "콘크리트 구조설계기준·해설", 2000, p.413.
8. 박승범, "토목재료실험," 1996, p.435.
9. A.M. Neville, "Properties of Concrete," 1997, p.844.
10. Z.P. Bazant and F.H. Wittmann, "Creep and Shrinkage in Concrete Structures," John Wiley & Son, 1982, p.363.

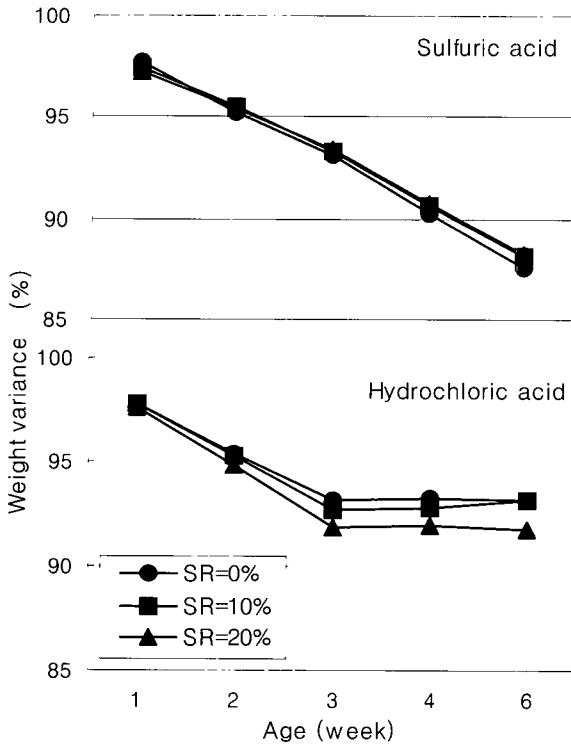


Fig. 10 Resistance to chemical attack

점점 증가함을 나타내었다. 그러나 공시체 표면의 상태를 비교하여 살펴보면 골패각의 대체율에 따른 차이는 크지 않은 것으로 판단된다. 또한, 황산에 의한 침식은 대체율에 관계없이 재령이 증가함에 따라 계속적으로 발생하였고 염산에 의한 침식도 대체율에 따른 차이는 보이지 않았으며, 재령 3주 후에는 더 이상 중량변화가 발생하지 않는 특성을 보였다.

황산 및 염산 침식에 의한 중량변화를 측정 재령에서 골패각 대체율 별로 비교하여 나타내면 Fig. 10과 같다. Fig. 10에서 알 수 있는 바와 같이 골패각의 대체율에 따른 변화는 거의 보이지 않아 콘크리트의 화학적 침식 저항성은 골패각의 영향을 받지 않음을 확인하였다.

3.2.4 투수 저항성

콘크리트의 내구성은 콘크리트 내부의 공극구조와 치밀성에 의해 크게 영향을 받으므로 본 연구에서는 이러한 특성을 비교하기 위해 골패각 대체율에 따른 투수 저항성을 비교하였다. 그 결과를 정리하면 Table 6과 같다.

대체율에 따른 투수비를 살펴보면 골패각을 대체한 콘크리트가 기준 콘크리트의 약 22% 이하로 골패각에 의해 투수 저항성이 크게 개선되는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 분쇄된 골패각에 다량 함유되어 있는 미립분과 건조된 골패각을 사용함에 기인하는 것이며, 골패각의 성분 특성이나 콘크리트 재료와의 반응으로 인한 수밀성 증대와는 무관한 것으로 판단된다.

요 약

산업폐기물 중 하나인 굴패각(Oyster Shell, OS)에 대한 건설재료로서의 활용성을 검토하기 위해 굴패각을 혼합한 콘크리트의 장기역학적 특성과 내구성을 실험적으로 평가하였다.

실험결과에 따르면 굴패각을 10% 대체한 콘크리트의 장기강도는 굴패각을 대체하지 않은 콘크리트와 유사한 결과를 보였으나, 굴패각을 20% 대체한 콘크리트의 장기강도는 감소하는 것을 보였다. 즉, 일정 한도 이상의 굴패각 대체는 콘크리트의 장기재령 강도에 열화요인으로 작용할 수 있는 것으로 나타났고, 굴패각의 대체에 따른 탄성계수 저하는 대체율에 거의 비례적으로 저하하였으며 굴패각의 대체율 20%에서 약 10~15% 저하하였다. 굴패각의 대체율이 증가할수록 건조수축 발생량은 증가하였으며 기존의 건조수축과 크리프 모델식은 굴패각의 증가에 따른 영향을 잘 반영하지 못하였고 이에 대한 예측식의 보정이 필요하다. 잔골재의 일부를 굴패각으로 대체하여도 콘크리트의 동결융해 저항성, 탄산화 저항성, 및 화학침식 저항성에는 나쁜 영향을 미치지 않으며, 투수 저항성은 오히려 크게 개선되었다.

핵심용어 : 굴패각, 대체율, 장기역학적 특성, 크리프, 내구성
