

고강도 영역의 재생골재 콘크리트의 물리적 특성

이세현^{1)*} · 서치호²⁾

¹⁾ 한국건설기술연구원 건축연구부 ²⁾ 건국대학교 건축공학과
(2001년 5월 17일 원고접수, 2001년 10월 26일 심사완료)

Properties of High Strength Recycled Aggregate Concrete

Sea-Hyun Lee^{1)*}, and Chee-Ho Seo²⁾

¹⁾ Building Research Division, KICT, Koyang, 411-712, Korea
²⁾ Kun-kuk Univ., Seoul, 143-130, Korea

(Received on May 17, 2001, Revised on October 26, 2001)

ABSTRACT

The purpose of this study is to present the method of utilizing the recycled aggregate that are obtained from waste concrete as the concrete aggregate. We manufactured the recycled aggregate concrete with compressive strength of over 300 kgf/cm² to increase its weaker strength than the normal concrete, and compared the physical features of the recycled aggregate concrete with that of the normal concrete.

As a result of the study, the mechanical performances such as compressive and tensile strength were generally reduced as the mixing rate of the recycled aggregate increased; however, it was possible to manufacture the concrete with the compressive strength of 300~600 kgf/cm² using the adequate mixing material such as unit quantity of cement, compounding water and silicafume. However, a continuous study on long-term durability performance is required to manufacture and utilize the recycled aggregate concrete for the structure.

Keywords : recycled aggregate concrete, compressive strength, silicafume

1. 서 론

1960년대 중반부터 시작된 산업화 이후 건설된 콘크리트 구조물들은 최근의 도시재개발 및 재건축사업으로 해체되는 건축물이 급격하게 증가하고 있다. 또한 최근 들어 건축물은 그 양과 규모면에서 고층화, 대형화되고 있는 추세이며 그에 따른 골재수요는 증가하고 있지만, 양질의 천연골재는 점차 고갈되어가고 있다¹⁾. 따라서 해체된 건축물의 폐콘크리트로부터 생산되는 막대한 양의 재생골재의 활용에 대한 필요성이 부각되고 있지만, 현재까지는 단순 매립 등에 머무르고 있는 초보적인 활용단계이다.

미국, 일본 등 선진각국은 재생골재의 단순 활용으로부터 콘크리트용 골재, 시멘트 원료 등 고도활용 기술개발에 주력하고 있으며, 국내에서도 재생골재의 고도 활용 방안이 다각적으로 시도되고 있다²⁾.

재생골재의 효율적 활용은 여러 가지 방법으로 시도될 수 있으나 일정 수준 이상의 강도가 발휘되어 구조용으로 사용가능한 재생골재 콘크리트의 제조방법이 마련될 경우, 그 파급효과는 상용레미콘 뿐만 아니라 다양한 종류의

콘크리트 2차 제품 등에 응용이 가능하게 될 것이다.

따라서 본 연구는 폐콘크리트에서 발생하는 재생골재를 매립용이 아닌 구조용 콘크리트골재로 활용하기 위한 기술적 접근으로서 보통콘크리트에 비하여 특히 취약한 강도개선을 주된 목적으로 압축강도 300 kgf/cm² 이상의 고강도 영역의 재생골재콘크리트를 제조하고 쇄석을 사용한 보통콘크리트와의 슬럼프, 단위중량 및 강도특성을 중심으로 비교·고찰을 통하여 물리적 특성에 대한 자료를 제시하고자 하였다.

2. 실험

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 연구에 사용한 시멘트는 KS규정에 적합한 H사의 보통포틀랜드시멘트로서 그 물리적 성질은 Table 1과 같다.

2.1.2 골재

본 연구에서는 고강도 영역의 재생골재콘크리트 제조를 위하여 Table 2와 같은 품질의 재생골재, 쇄석 및 강모래를 사용하였다.

* Corresponding author

Tel : 031-910-0365 Fax : 031-910-0713

E-mail : shlee@kict.re.kr

사용된 재생골재는 쇄석의 입형을 지니며 KS F 2573 (콘크리트용 재생골재)에서 규정한 골재 가운데 3종에 해당되는 것으로 입도분포는 Fig. 1과 같다.

2.1.3 실리카폼

고강도 영역의 재생골재콘크리트 제조를 위하여 강도증진 효과가 예상되는 실리카폼을 사용하였으며, 그 물리적 성질은 Table 3과 같다.

2.1.4 고성능 감수제

재생골재 콘크리트의 불리한 시공성 개선과 단위수량 감소를 고려하여 Table 4에 나타난 바와 같은 특성을 갖는 고성능 감수제를 사용하였다.

2.2 배합계획

압축강도 300 kgf/cm^2 이상, 고강도 영역의 재생골재 콘크리트 제조를 위하여 일반적인 최대단위수량(185 kg/m^3)으로부터 약간 감소한 175 kg/m^3 의 단위수량을 설정하였다. 그리고 단위수량과 시멘트 및 실리카폼 등 결합재간의 비율을 기존 연구결과 및 예비실험을 바탕으로 35, 40, 50%의 3가지 수준으로 하고 물결합재비에 따른 강도발현 추이를 파악하고자 하였다.

그리고 재생골재는 강도발현에 악영향을 미친다는 점에서 천연모래를 잔골재로 사용하고 재생 굵은골재 역시 천연골재와 혼입을 통한 강도발현을 고려하여³⁾ 0, 30, 60%의 범위로 쇄석과 혼입하므로써 강도발현 수준과 함께 배합에 따른 물리적 특성을 파악하고자 하였다. 또한 잔골재 혼입률은 일반적인 최적 잔골재 범위에 해당하는 40%로 고정하고 재생골재 사용으로 인한 시공성을 고려하여 슬럼프 18 cm를 기준으로 예비시험을 실시한 후, 고성능감수제 투입률을 결합재 중량비의 0.8%로 고정하였다. 아울러 고강도 재생골재콘크리트의 제조에 유효한 효과가 예상되는 실리카폼을 0~21%까지 7% 단위로 단계별 증가

투입하므로써 실리카폼의 강도 및 역학적 특성에 미치는 영향을 판단하고자 Table 5와 같은 실험수준과 인자를 설정하였다.

2.3 실험방법

콘크리트의 제조는 Fig. 2와 같이 소형 전동식 믹서에 12시간 동안 prewetting 후 다시 24시간 이상 건조시키고 수분을 완전히 제거한 재생골재와 쇄석 및 시멘트, 실리카

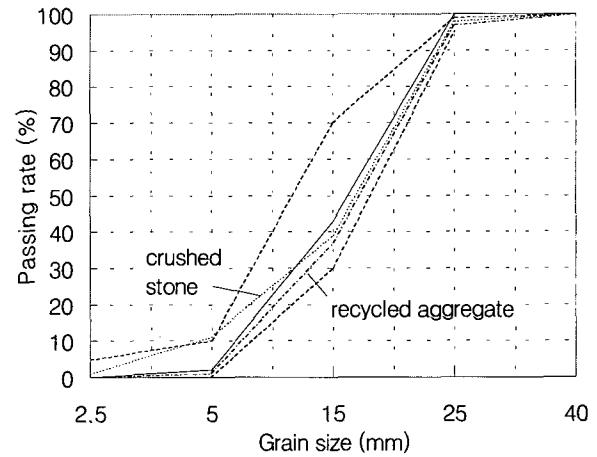


Fig. 1 Grain size distribution of coarse aggregate

Table 3 Properties of silicafume

Specific gravity	Density	Fineness	Grain size
2.2	$250 \sim 300 \text{ kg/cm}^3$	$200,000 \text{ cm}^2/\text{g}$	$0.1 \sim 1 \mu\text{m}$

Table 4 Properties of superplasticizer

Style	Color	Ingredient of the main	Freezing point	Specific gravity
Liquid	Dark brown	Naphtalene sulphonate	-2°C	1.20 ± 0.02

Table 1 Properties of cement

Specific gravity	Fineness (cm^2/g)	Condensation		Degree of stability (%)	Compressive strength (kgf/cm^2)		
		First (min)	Final (min)		3 days	7 days	28 days
3.15	3,235	293	384	0.09	202	273	361

Table 2 Properties of aggregate

	Grading	Unit weight (kg/m^3)	Specific gravity	Absorption rate (%)	Percentage of absolute volume (%)	Fineness modulus (%)	
Recycled aggregate	5~25 mm	1,367	2.33	6.51	59.0	6.99	
Natural aggregate	Crushed stone	5~25 mm	1,607	2.64	1.13	61.0	6.52
	River sand	~5 mm	1,649	2.55	1.53	63.7	2.65

Table 5 Design of experiment

Faction	W/B (%)	Unit water (kg/m ³)	Fine aggregate (%)	Recycled aggregate (%)	Silicafume (%)	Super plasticizer
Level	35, 40, 50	175	40	0, 30, 60	0, 7, 14, 21	0.8%

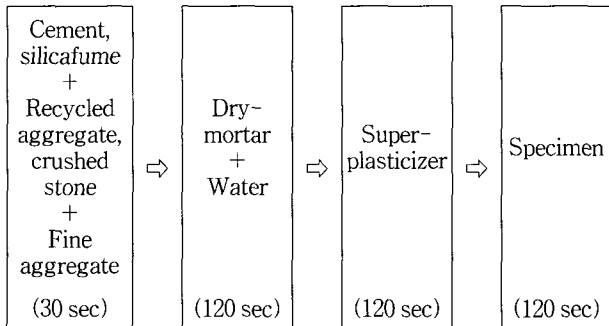


Fig. 2 Mixing method of concrete

품을 혼합한 이후, 배합수를 첨가하고 약 2분간의 혼합을 실시하였다. 그리고 시공성 확보를 위하여 고성능감수제를 마지막으로 투입하여 다시 2분간 혼합하여 측정을 위한 시험체를 제작하였다.

슬럼프 시험방법은 KS F 2402(포틀랜드 시멘트 콘크리트의 슬럼프 시험방법)에 따라 시험하였으며, 단위용적중량은 KS F 2403(콘크리트의 강도시험용 공시체 제작방법)에 따라 제작된 공시체를 대상으로 경화 후 단위용적중량을 측정·산출하였다. 그리고 압축강도 시험은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 따라 실시하였으며, 인장강도 시험은 KS F 2423(콘크리트의 인장강도 시험방법)의 규정에 따른 쪼갬 인장시험방법으로 실시하였고, 그 결과는 Table 6과 같다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 슬럼프

재생골재 콘크리트의 슬럼프는 11~23 cm범위를 보이며 배합전체 평균은 18.9 cm나타났다. 또한 재생골재를 혼합하지 않은 쇄석을 사용한 보통콘크리트는 2.5~24.5 cm 범위를 보이며 평균 15.9 cm나타나 보통콘크리트보다 재생골재 콘크리트가 더 높은 슬럼프값을 보였는데, 이는 두 골재의 입형에 인한 차이 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 3에서와 같이 재생골재 혼입률에 따른 슬럼프의 변화는 물결합재비 35%에서는 재생골재 혼입률이 증가할수록 16.5 cm에서 21.5 cm슬럼프값은 증가하였는데, 물결합재비 50%에서는 반대로 재생골재 혼입률의 증가에 따라 슬럼프값이 약간 저하되는 추이를 보이므로서 재생골재 혼입률에 따른 슬럼프에 미치는 영향은 일정한 유의성이 없는 것으로 나타났다.

또한 실리카폼에 따른 슬럼프의 변화는 Fig. 4에서와 같이 전반적으로 혼입률이 증가할수록 슬럼프의 저하가 나타났으며 재생골재콘크리트는 혼입률 0%일 때, 평균 20.8 cm서 혼입률 21%일 때 13 cm 약 60% 정도 슬럼프 값이 저하한 것으로 나타난 반면, 보통콘크리트는 평균 16.5 cm서 2.5 cm 약 85% 정도 슬럼프가 저하한 것으로 나타나 보통콘크리트의 슬럼프 저하폭이 더 큰 것으로 나타났다. 이는 실리카폼의 특성상 비표면적이 커서 페이스트의 점성을 증대시켜 혼입률이 증가함에 따라 슬럼프가 저하하는 것으로 사료되나 본 실험에 사용된 재생골재의 입형이 비교적 양호하여 슬럼프값의 저하 폭이 작게 나타난 것으로 사료된다.

3.2 단위용적중량

콘크리트의 단위용적중량은 압축강도와 탄성계수 등 역학적 성능과 밀접한 관련이 있는 물리적 특성 중 하나로 Fig. 5에서와 같이 재생골재콘크리트는 2.11~2.33 t/m³의 범위를 보이며 배합전체의 평균이 2.24 t/m³로 나타났다. 또한 재생골재를 혼합하지 않은 보통콘크리트에서는 단위용적중량이 2.26~2.35 t/m³의 범위로서 평균 2.29 t/m³로 나타나 재생골재와 쇄석골재와의 비중차이가 그대로 반영되며 재생골재콘크리트에 비하여 다소 높은 단위용적중량을 보였다.

또한 재생골재 혼입률 증대에 따른 단위용적중량은 평균 2.26 t/m³에서 2.23 t/m³으로 감소되어 전반적으로 혼입률 60%까지 약 5% 정도 경량화되었으며, 이는 천연골재에 비하여 낮은 비중의 재생골재의 증가투입에 따른 것이다⁴⁾.

실리카폼 혼입률 증대에 따른 단위용적중량의 변화 역시 Fig. 6에서와 같이 재생골재콘크리트의 경우, 혼입률 21%까지 배합에 따라 약간의 차이는 있으나 전반적으로 감소하는 경향을 보였다. 그리고 보통콘크리트의 경우는 2.34 t/m³로부터 2.26 t/m³로 비교적 뚜렷한 단위중량의 감소를 보였다. 이는 시멘트 중량의 약 70% 수준의 비중을 지닌 실리카폼의 증가투입에 따른 콘크리트의 중량경감 효과에 의한 것이다.

3.3 압축강도

보통콘크리트의 압축강도 범위는 356~677 kgf/cm²의 범위로서 평균 518 kgf/cm²로 나타났으며, 재생골재콘크리트는 283~510 kgf/cm²의 범위로서 평균 408 kgf/cm²의 강도

Table 6 Experimental result of recycled aggregate concrete

Series	Mixing design			Test result					
	Ratio of recycled aggregate (° /vl)	W/B (° /wt)	Ratio of silicafume (° /vl-c)	Slump (cm)	Unit weight (t/m ³)	Compressive strength (kgf/cm ²)	Tensile strength (kgf/cm ²)	Bending strength (kgf/cm ²)	Ultrasonic velocity (km/sec)
I-A-0	0	35	0	16.5	2.35	589	38	67	5.62
I-A-1			7	9.5	2.31	643	40	73	5.68
I-A-2			14	5.5	2.29	677	40	75	5.65
I-A-3			21	2.5	2.26	658	39	70	5.65
I-B-0		40	0	22.5	2.35	356	29	51	5.33
I-B-1			7	20.5	2.31	448	32	56	5.44
I-B-2			14	18.5	2.20	479	35	62	5.45
I-B-3			21	16.5	2.27	499	35	67	5.56
I-C-0		50	0	24.5	2.33	367	26	47	5.22
I-C-1			7	22.5	2.35	459	28	51	5.53
I-C-2			14	17.5	2.29	414	28	52	5.33
I-C-3			21	14.5	2.27	436	33	55	5.42
II-A-0	30	35	0	20.0	2.35	506	35	57	4.61
II-A-1			7	19.5	2.29	440	36	56	4.63
II-A-2			14	17.5	2.32	491	35	55	4.52
II-A-3			21	12.5	2.30	464	32	52	4.48
II-B-0		40	0	22.5	2.34	395	30	41	4.52
II-B-1			7	19.0	2.27	486	31	46	4.53
II-B-2			14	17.5	2.23	456	31	43	4.41
II-B-3			21	11.0	2.19	380	33	43	4.42
II-C-0		50	0	23.0	2.20	283	21	35	4.27
II-C-1			7	22.0	2.11	302	24	35	4.41
II-C-2			14	21.5	2.15	314	27	34	4.30
II-C-3			21	17.0	2.14	422	29	31	4.40
III-A-0	60	35	0	21.5	2.33	510	31	58	4.50
III-A-1			7	20.0	2.30	489	33	55	4.51
III-A-2			14	19.5	2.28	498	35	55	4.58
III-A-3			21	13.5	2.28	487	33	59	4.49
III-B-0		40	0	22.5	2.28	416	25	37	4.50
III-B-1			7	21.0	2.24	387	27	39	4.23
III-B-2			14	19.5	2.27	449	30	43	4.29
III-B-3			21	12.5	2.29	463	31	41	4.40
III-C-0		50	0	22.0	2.22	287	24	33	4.34
III-C-1			7	21.5	2.24	300	24	35	4.33
III-C-2			14	19.5	2.22	284	24	37	4.29
III-C-3			21	16.5	2.13	290	25	43	4.34

I : Recycled aggregate 0%, II : Recycled aggregate 30%, III : Recycled aggregate 60%

를 보였다. 따라서 재생골재콘크리트는 재생골재를 혼입하지 않은 보통콘크리트를 기준으로 약 79% 수준의 강도를 발현하였다. 일반적으로 천연모래와 재생골재를 100% 사용하여 제조된 콘크리트는 보통콘크리트에 비하여 14~32% 작은 압축강도를 보이는 것으로 알려져⁵⁾ 있으나, 본 연구에서는 재생골재 및 실리카폼 등을 사용하여 전체적으로 유사한 배합조건에서 보통콘크리트를 기준으로 재생골재콘크리트는 압축강도가 약 21% 정도 저하되는 것으로 나타났다.

또한 재생골재 혼입률이 30, 60%로 증가함에 따라 평균 압축강도가 Fig. 7, Fig. 8과 같이 411 kgf/cm², 405 kgf/cm²로 약간 저하되어 재생골재 혼입률 증가에 따라 압축강도가 저하되었으나 물결합재비 40%에서는 강도 감소폭이 크지 않은 것으로 나타났다. 그러나 물결합재비 50%인 배합에서 재생골재 혼입률 60%에서는 재생골재 혼입률 30%의 배합보다 강도감소폭이 크게 증가하였다.

실리카폼 혼입률에 따른 압축강도의 추이는 Fig. 9에서와 같이 실리카폼 혼입률이 14%까지 증가됨에 따라 재생골재콘크리트는 399~415 kgf/cm²의 범위로서 전반적으로 압축강도가 약간 증대되는 경향을 보였다. 그러나 실리카폼 혼입률 21%에서는 압축강도 증가효과가 그다지 뚜렷하게 나타나지 않아 재생골재콘크리트의 강도증진을 위한 실리카폼의 적정혼입률은 경제성과 그 효과를 종합적으로 고려할 때, 약 14% 내외인 것으로 사료된다.

실리카폼 혼입률 21% 수준에서 재생골재콘크리트의 강도발현 효과가 크지 않은 것은 실리카폼의 직경이 평균 1 μm 정도이고, 비중은 2.2 전후로 시멘트와 비교하여 70% 정도이며 비표면적은 1/25 정도의 미세한 고분말제로서 시멘트 입자주위의 공극을 충전하는 마이크로 필러(micro filler) 효과로 인하여 강도증진과 경량화에는 효과가 있으나 과다 투입될 경우, 배합에 투입된 직후부터 지극히 단 시간에 반응하는 실리카폼의 특성상 시멘트수화물을 생성하는 과정에서 반응수의 부족으로 수화작용이 저해되기 때문에 강도저하 현상이 발생하는 것으로 사료된다.

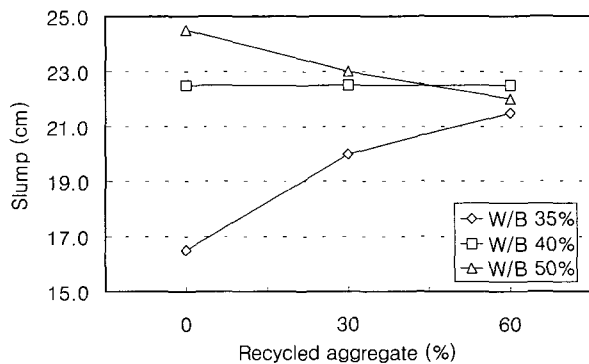


Fig. 3 Changes in slump per mixing ratio of recycled aggregate

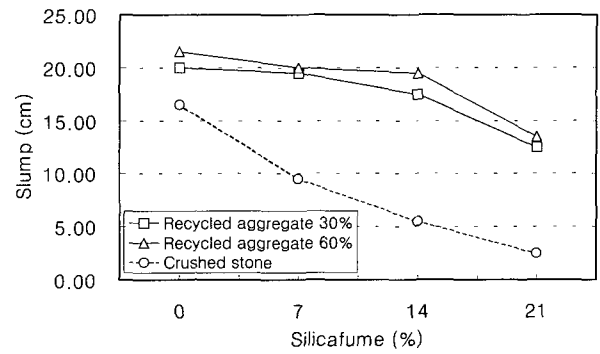


Fig. 4 Changes in slump per mixing ratio of silicafume

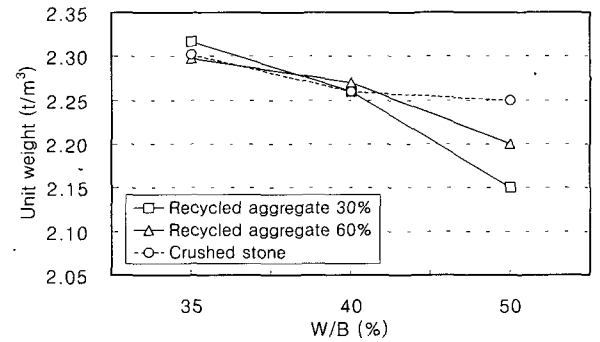


Fig. 5 Changes in unit weight per water/binder

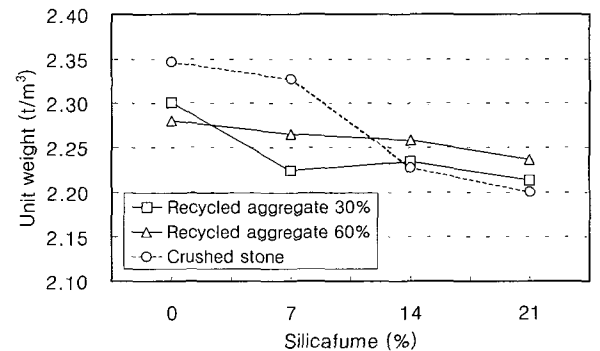


Fig. 6 Changes in unit weight per mixing ratio of silicafume

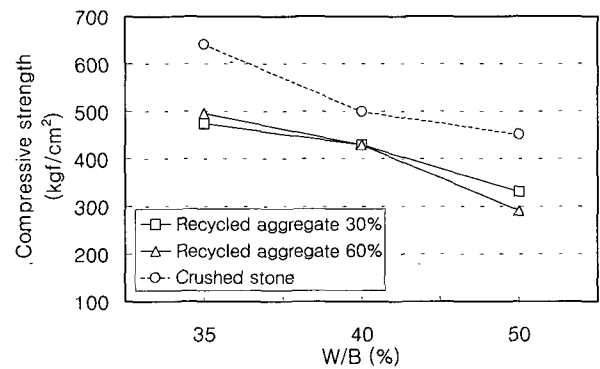


Fig. 7 Changes in compressive strength per water/binder

3.4 인장강도

재생골재 콘크리트의 경우, 골재의 흡수율이 높아 보통 콘크리트에 비하여 동결융해, 건조수축 등 인장강도 발현에 불안정한 양상을 보이기 쉽고 따라서 온도 및 수축응력에 대한 균열감소 등의 파악을 위하여 인장강도의 규명이 요구된다.

본 실험결과로 나타난 보통콘크리트의 인장강도는 26~40 kgf/cm²의 범위를 보이며 평균 33.6 kgf/cm²로 나타났으며, 재생골재콘크리트는 20~36 kgf/cm², 평균 29.4 kgf/cm²의 인장강도를 보였다. 따라서, 일반적으로 재생골재콘크리트를 사용한 콘크리트의 경우, 보통콘크리트에 비하여 약 10% 낮은 인장강도 수준을 보이는 것으로 알려져 있으나, 본 실험의 결과에 의하면 재생골재 혼입률에 따라 다소의 차이는 있으나 보통콘크리트를 기준으로 재생골재콘크리트의 경우는 전체적으로 평균 14% 정도 인장강도가 낮아지는 것으로 나타났다.

또한, Fig. 10에서와 같이 재생골재 혼입률에 따른 인장강도는 혼입률 증가에 따라 평균 28.7 kgf/cm², 26.7 kgf/cm²로 저하되어 재생골재 혼입률 증가에 따라 인장강도가 저하되었다.

실리카폼 혼입률 증가에 따른 인장강도는 Fig. 11에서와 같이 재생골재콘크리트는 27~31 kgf/cm²의 범위를 보이며 인장강도가 약간 증대되었으나 실리카폼 혼입률 21%에서는 압축강도 추이와 유사하게 뚜렷한 강도개선 효과가 없는 것으로 나타나 경제적인 면을 고려할 때, 압축강도와 같이 혼입률 14%가 실리카폼의 적정 투입률로 사료된다.

일반적으로 압축강도와 인장강도의 관계를 취성계수(압축강도/인장강도, coefficient of brittleness)로서 나타내며 보통콘크리트의 경우, 10~13의 범위로 알려져 있다. 본 실험결과로서 동일한 물결합재비에서의 취성계수와 상관성을 Table 7과 Fig. 12에 나타내었는데 제조된 재생골재 콘크리트 및 보통콘크리트의 강도수준이 300~600 kgf/cm² 범위의 고강도 영역으로서 보통콘크리트 및 재생골재콘크리트의 취도계수가 13~16으로 비교적 크게 나타났다.

Table 7 Coefficient of brittleness of crushed stone and recycled aggregate concrete

W/B (%)	Crushed stone			Recycled aggregate concrete		
	Compressive strength (kgf/cm ²)	Tensile strength (kgf/cm ²)	Brittleness	Compressive strength (kgf/cm ²)	Tensile strength (kgf/cm ²)	Brittleness
35	641	39	16.4	485	34	14.2
40	445	33	13.4	429	30	14.3
50	419	29	14.4	310	23	13.4

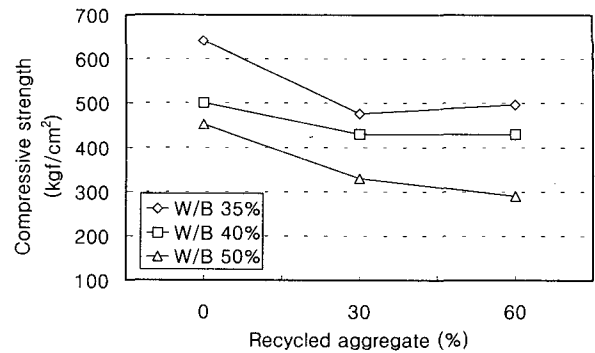


Fig. 8 Changes in compressive strength per mixing ratio of recycled aggregate

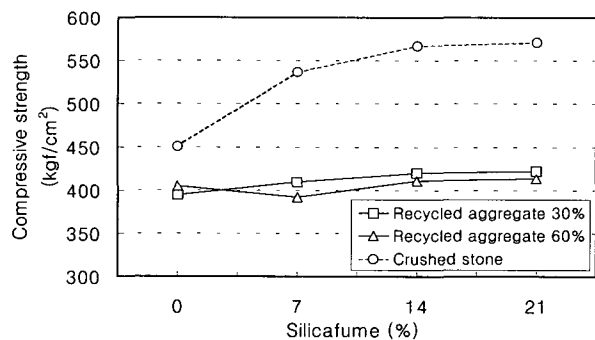


Fig. 9 Changes in compressive strength per mixing ratio of silicafume

3.5 휨강도

2종의 콘크리트를 대상으로 휨강도 실험을 실시한 결과, 전체적인 배합에서 보통콘크리트의 범위는 51~75 kgf/cm²로 평균 61.8 kgf/cm², 재생골재콘크리트는 31~57 kgf/cm²의 범위로서 평균 44.3 kgf/cm²의 휨강도를 발현하였다. 따라서 보통콘크리트에 비하여 재생골재 콘크리트의 휨강도는 약 29%의 강도저하를 보였다.

또한 Fig. 13에서와 같이 물결합재비 증가와 더불어 전체적으로 콘크리트의 종류에 관계없이 휨강도가 감소하는 결과를 보이며 재생골재콘크리트는 평균 55, 41, 35 kgf/cm²로 뚜렷한 강도저하 현상을 보였다.

재생골재 혼입률 증대에 따라 휨강도 변화는 Fig. 14에서와 같이 보통콘크리트를 기준으로 혼입률 30%와 60%에서 큰 차이없이 평균 29% 저하된 것으로 나타났다. 또한 실리카폼 혼입률이 최대 21%까지 증대됨에 따라 Fig. 15에서와 같이 재생골재콘크리트의 경우, 실리카폼 혼입률 14%까지는 평균 41 kgf/cm²로부터 최대 45 kgf/cm²까지 강도증진이 발생하였다. 그러나 실리카폼 21% 투입시에는 휨강도의 증가 또는 감소에 대하여 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.

일반적으로 보통콘크리트의 휨강도는 압축강도의 1/5~1/8 정도의 수준인 것으로 알려져 있으나 본 실험의 결과에 의하면 Fig. 16에서와 같이 재생골재콘크리트의 경우, 1/10 정도로서 천연골재를 사용한 보통콘크리트 1/8 수준에 비하여 상대적으로 낮은 휨강도/압축강도 특성을 보였다.

3.6 초음파속도

보통콘크리트의 초음파속도의 범위는 5.22~5.68 km/sec으로 평균 5.49 km/sec에 비하여 재생골재를 사용한 경우는 4.23~4.64 km/sec, 평균 4.43 km/sec으로서 약 20% 정도 작게 나타났다. 이러한 결과는 콘크리트의 내부조직이 치밀한 경우 초음파속도가 빨라지는 특성이 있으므로 보통콘크리트가 재생골재 콘크리트보다 내부조직이 밀집함을 반영하는 것으로 압축강도와 유사한 추이를 보였다.

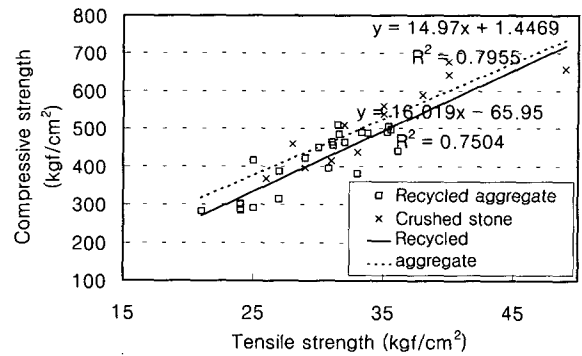


Fig. 12 Correlation between compressive strength and tensile strength of crushed stone and recycled aggregate concrete

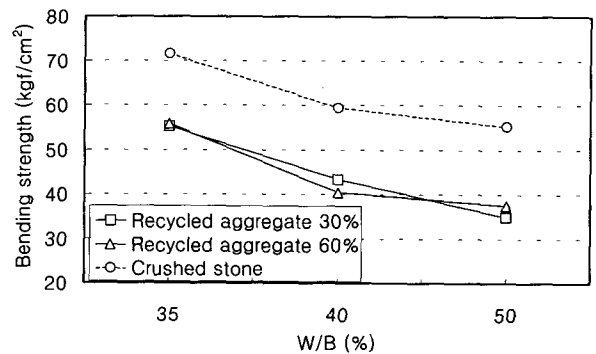


Fig. 13 Changes in bending strength per Water/Binder

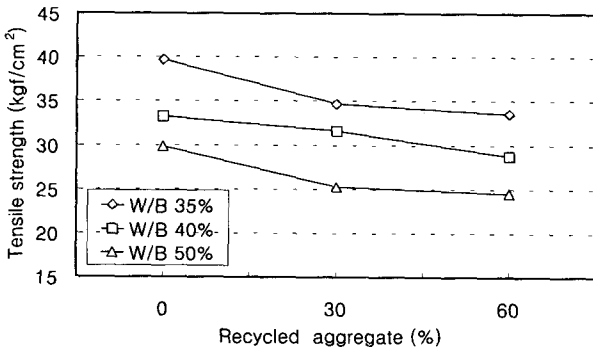


Fig. 10 Changes in tensile strength per mixing ratio of recycled aggregate

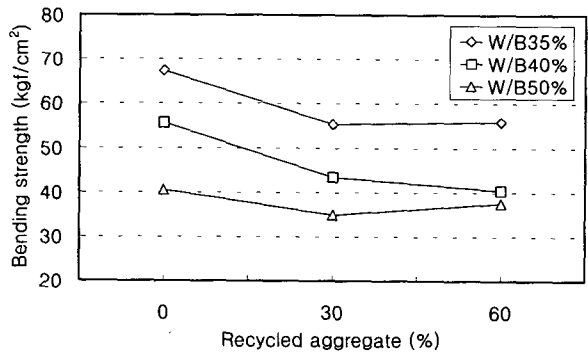


Fig. 14 Changes in bending strength per mixing ratio of recycled aggregate

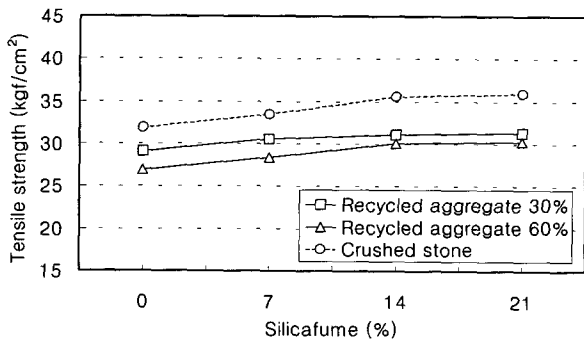


Fig. 11 Changes in tensile strength per mixing ratio of silicafume

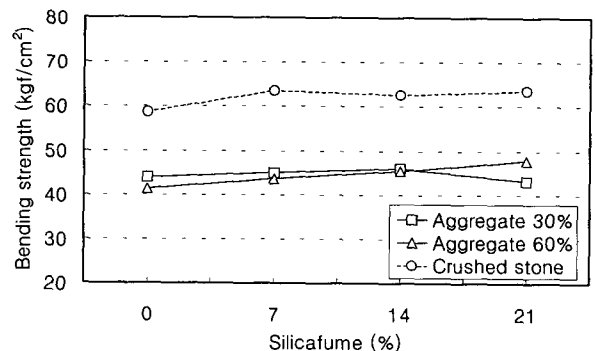


Fig. 15 Changes in bending strength per mixing ratio of silicafume

4. 결 론

본 연구에서는 압축강도 300 kgf/cm² 이상의 고강도 영역의 재생골재 콘크리트를 제조하고 동일한 배합조건에서 보통콘크리트와 물리적 특성을 비교·규명하고자 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1) 재생골재를 사용한 콘크리트의 단위용적중량은 일반 쇄석을 사용한 콘크리트의 단위용적중량보다 일반적으로 낮게 나타났으며, 이는 쇄석과 같은 천연 골재보다 비중이 낮은 재생골재의 투입에 따른 것으로서, 재생골재 혼입률 60%의 경우, 약 3~5% 정도 경량화 되는 것으로 나타났다.

2) 재생골재 콘크리트는 동일한 배합조건에서 압축강도가 약 22% 저하하는 것으로 나타났으나, 물결합재비 40% 이하, 재생골재 혼입률 30%에서는 재생골재를 사용하지 않은 보통콘크리트와 큰 차이가 없는 압축강도 특성을 보였다. 아울러 재생골재 혼입률 증가에 따라 재생골재콘크리트의 압축강도는 저하되고 실리카폼 혼입률 14%가 재생골재콘크리트의 압축강도 발현에 적절한 수준인 것으로 나타났다.

3) 재생골재콘크리트의 인장강도를 측정한 결과, 보통콘크리트에 비하여 평균 11% 감소된 인장강도수준을 보였다. 재생골재 혼입률 증대에 따른 인장강도 역시 압축강도와 비슷한 추이를 보였는데 재생골재콘크리트는 쇄석을 사용한 콘크리트에 비해 약 14%의 강도감소를 보였다.

4) 재생골재콘크리트는 쇄석을 사용한 콘크리트와 비교하여 재생골재 혼입률 30%인 콘크리트는 휨강도 성능에 있어서 약 14%의 강도감소를 보였으며 재생골재 혼입률 증가에 따라 휨강도가 저하되었다. 또한, 실리카폼 혼입률 14%까지는 재생골재콘크리트의 휨강도 증진에 효과가 있는 것으로 나타났다.

5) 골재 종류에 따른 재생골재콘크리트의 내부 밀실도 파악을 위하여 초음파속도를 측정한 결과, 재생골재콘크리트는 4.42 km/sec로서 압축강도와 동일하게 보통콘크리트의 초음파 속도보다 약간 낮은 초음파 속도를 보였다. 또한 물결합재비 및 재생골재 혼입률 증가에 따른 초음파 속도도 감소되는 것으로 나타났다.

아울러 재생골재의 콘크리트용 골재로서의 효율적 활용을 위해서는 재생골재의 품질개선을 위한 지속적인 방안을 강구함과 동시에 구조용으로서 재생골재콘크리트를 활용할 수 있는 구체적인 배합설계와 관리대책 등에 대한 연구가 필요한 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 김무한, "굵은 골재로서 폐기 콘크리트를 사용한 콘크리트"

Fig. 17에서와 같이 재생골재 혼입률 증가에 따른 초음파 속도의 변화는 혼입률 30%에서 초음파 속도의 감소가 크게 나타났으며 60% 혼입의 경우에도 감소의 폭은 작았으나 지속적인 감소를 보였다.

또한, 실리카폼의 혼입에 따른 초음파속도의 변화는 Fig. 18과 같이 콘크리트의 종류와 상관없이 그 사용량의 증대에 따른 유효한 변화를 보이지 않으므로써 실리카폼이 콘크리트 내부의 초음파 속도에 미치는 영향은 그다지 크지 않은 것으로 나타났다.

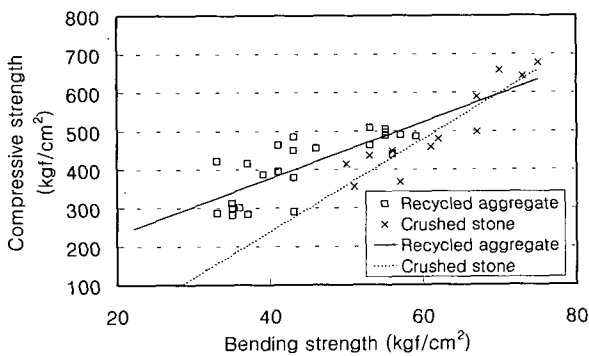


Fig. 16 Correlation between compressive strength and bending strength of crushed stone and recycled aggregate concrete

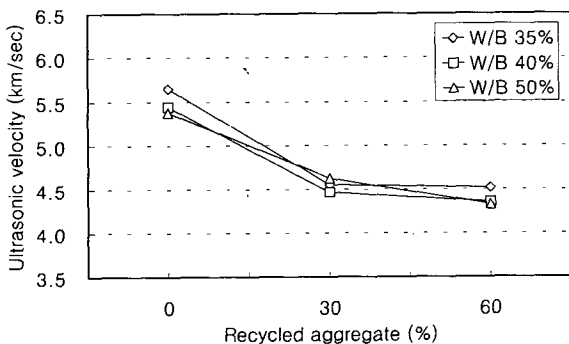


Fig. 17 Change in ultrasonic velocity per mixing ratio of recycled aggregate

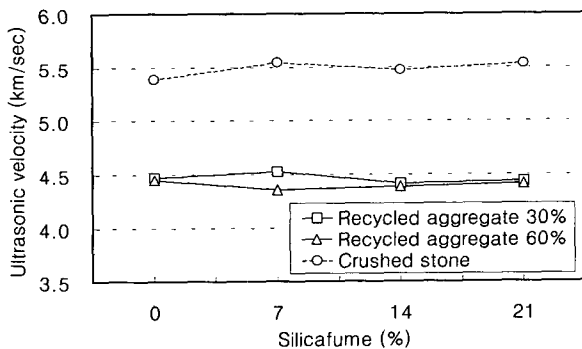


Fig. 18 Change in ultrasonic velocity per mixing ratio of silicafume

리트에 관한 기초적 연구(역학적 특성),” 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 1985. 9.

2. 한국건설기술연구원, 폐콘크리트 재활용기술개발, 자원 재생공사, 1996.

3. 川瀬清孝, “再生骨材を混合使用したコンクリートの物性の關

する實驗的研究,” 日本建築學會關東支部研究報告集, 1985.

4. 堅野紀元, “廢棄物のコンクリートの再利用,” 콘크리트工學 Vol. 25, No. 5, 1987.

5. 本多淳裕, “新しコンクリート廢材再生技術の概要,” 土木施工 Vol. 31, No. 12, 1990.

요 약

본 연구는 폐콘크리트에서 발생되는 재생골재를 구조용 콘크리트 골재로서의 활용방안을 제시하기 위한 것으로서, 보통콘크리트보다 취약한 강도 개선을 목적으로 압축강도는 300 kgf/cm^2 이상의 재생골재 콘크리트를 제조하고 보통콘크리트와 물리적 특성을 비교하였다.

연구결과, 일반적으로 재생골재 혼입률이 증가함에 따라 압축강도, 인장강도 등 역학적 성능이 저하하는 것으로 나타났으나, 단위시멘트량과 배합수 그리고 실리카폼 등 적절한 혼화재료의 사용을 통해 $300 \sim 600 \text{ kgf/cm}^2$ 범위의 압축강도를 갖는 콘크리트의 제조가 가능하였다. 그러나 구조용으로 사용가능한 재생골재 콘크리트를 제조·활용하기 위해서는 장기적인 내구성능 등에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

핵심용어 : 재생골재콘크리트, 압축강도, 실리카폼