

순환잔골재의 다량 사용에 따른 모르타르의 특성

Characteristic of Cementitious Mortar Using High Volume of Recycled Fine Aggregate

김상철^{1*} · 박도국¹ · 육근창²

Sang-Chel Kim^{1*} · Do-Kuk Park¹ · Keun-Chang Yoog²

(Received August 1, 2016 / Revised August 30, 2016 / Accepted September 7, 2016)

As for a possibility of using high volume of recycled aggregate in concrete mixture, recycled fine one which is known to be worse in quality and hard to control was selected and investigated in terms of performance of mortar as the replacement ratio to natural fine aggregate was changed. As a result of test, it is found that grade of recycled fine aggregate was beyond standard one and fineness modulus of that itself was increased in compare to natural one. In case of making mortar with recycled fine aggregate, disadvantageous results such as less fluidity and air content including the increase of dry shrinkage were shown but strengths of mortar were comparable to the one making with natural aggregate, which means that planned strength of common concrete structure can be achieved by controlling W/C and the amount of chemical admixture, and also that large amount of recycled fine aggregate is applicable to the precast concrete products generally free to the amount of water.

키워드 : 순환잔골재, 유동성, 공기량, 상대압축강도비, 휨인장강도, 건조수축

Keywords : Recycled fine aggregate, Fluidity, Air content, Relative compressive strength ratio, Flexural strength, Dry shrinkage

1. 서론

우리나라는 건설폐기물 발생량 중 97.3%가 재활용되며 그 중 74.5%가 순환골재로 생산되고 있지만, 순환골재의 품질과 안전상의 이유로 70% 이상이 성토·복토용, 도메우기 및 뒷채움용, 도로 보조기층용 등 일부 용도에 편중되고 있다(KORAS 2015). 그 예로 Table 1과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 2013년도에 전년 대비 20.2%의 갑작스런 감소는 차제하고 순환골재의 판매량은 꾸준히 증가하고 있어도 전체 순환골재 판매량 중 33~39% 정도가 도로기층용 및 보조기층용 등의 의무사용 용도로 판매되고 있는 실정이다. 업체조사에 따르면, 중간처리업체에서 생산되는 순환골재 중 콘크리트 2차 제품 용도의 사용이 매년 증가되고 있다고는 하지만, 그 적용범위는 매우 제한적이고 사용량도 미흡하여 보다 효율적인 사용 증대를 위해서는 콘크리트 2차제품의 구체적 사용용도에 대한 제도적 보완 및 KS, GR, 환경마크 등 관련 표준 등의 개선이 필요

하다. 또한 건설현장에서는 순환골재 품질기준에 제시되지 않은 용도로의 사용여부와 인증을 받지 않은 순환골재의 사용에 대하여 혼란이 있으므로 순환골재를 콘크리트용 용도 목적으로 활용하기 위해서는 사용용도 구분이 명확히 이루어져야 할 것으로 판단된다.

실질적으로 가까운 일본의 경우는 전기공동구, 경계블럭, 재생 쇄석, 배수로, 보도용 쇄석, 경계벽, 공원시설, 굴착 뒷채움재, 호안 블럭재, 기초재 등에 재활용할 수 있도록 2000년에 건설 리사이클 법을 제정함으로써 순환골재의 적용범위를 넓고 다양하게 하였을 뿐만 아니라 원활한 용도에 우선적으로 순환골재를 사용하도록 유도하고 있다(JASS 5 2009).

순환잔골재는 밀도 및 흡수율 등 품질이 천연골재와 비교하여 매우 열악하고 품질관리가 어렵기 때문에 성토·복토용 등의 저부가가치 용도에 국한되어 사용되거나, 콘크리트용으로서의 사용에 있어서는 용도 및 치환률에 있어서 제한적일 수밖에 없다. 이는 순환골재의 표면에 부착되어 있는 시멘트페이스트의 영향이 크며, 이

* Corresponding author E-mail: schkim@hanseo.ac.kr

¹한서대학교 토목공학과 (Department of Civil Engineering, Hanseo University, Chungnam, 31962, Korea)

²(주)팔마기술연구소 (Institute of Technology, Palma, Jeonbuk, 565-906, Korea)

Table 1. Yearly trend of sales for recycled aggregate (KORAS 2015)

(Unit: ×10³ton/year)

Amount		2010	2011	2012	2013
Grand total		38,950	41,704	44,339	36,894
Service as a matter of duty	Subtotal	13,047	13,769	15,700	14,311
	Base for road	3,884	3,280	3,607	3,860
	Subbase for road	8,540	8,358	8,737	8,252
	Fine aggregate for installation of drainpipe	111	59	122	184
	Recycled asphalt concrete	511	925	1,105	1,034
	Precast concrete products	0	1,148	2,128	981
	Subtotal	25,902	27,935	28,639	22,583
Service as other matters	Concrete	1,081	702	1,231	1,202
	Precast concrete	1,400	1,756	1,892	826
	Asphalt concrete	202	319	478	548
	Protection layer from frozen	640	1,604	1,843	806
	Road	131	35	91	331
	Dike	252	153	194	156
	Refill/Backfill	4,678	5,589	5,337	5,396
	Banking	17,129	17,239	17,312	13,282
	Filling for reclamation	61	537	259	35

러한 시멘트페이스트를 효과적으로 제거하기 위한 연구가 계속적으로 진행되어 현재는 페콘크리트를 갈아서 부스러뜨리는 가열마쇄방식, 물의 세척에 의한 습식방식, 바람에 의한 풍력선별방식과 같은 다양한 순환 잔골재 생산시스템이 개발되어 적용되고 있다 (KCI 2004).

자로 분리하여 각각의 인자가 물성에 미치는 영향을 파악하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 순환잔골재의 다량사용에 따른 콘크리트 물성 제어를 위한 방안으로 먼저 순환잔골재만을 사용한 경우에 대해 검토하기로 하였으며, 천연골재 대비 치환률을 달리하여 모르타르 제작을 통해 순환잔골재 다량 사용에 따른 순환잔골재의 영향을 평가하고자 하였다.

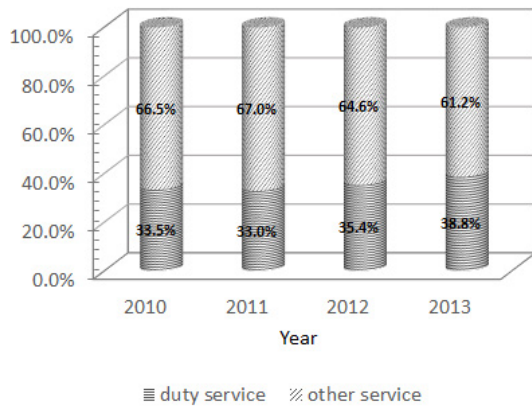


Fig. 1. Yearly sale percentage of recycled aggregate according to matter of service

콘크리트는 잔골재와 굵은 골재로 구성되어 있기 때문에 이들이 콘크리트 물성에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 별도의 인

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용 재료

시멘트는 H사에서 생산하는 KS L 5201을 만족하는 1종 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 사용된 시멘트의 물리적 특성은 Table 2와 같다. 천연잔골재는 충남 S에서 시판하고 있는 강모래를 사용하였으며 KS F 2502 규정을 만족하는 것으로 나타났다.

Table 2. Physical properties of cement

Density	Setting time (h:m)		Blaine (cm ² /g)	Compressive strength (MPa)		
	initial	final		3d	7d	28d
3.15	3:14	5:50	3,465	20.2	24.5	30.8

사용된 천연잔골재의 물리적 특성은 Table 3과 같다. 본 실험에서 천연골재의 대체재로 사용되는 순환잔골재는 경기도 이천소재 H사에서 생산하는 골재를 입수하여 사용하였다. Table 4는 순환잔골재의 평균 물성값을 나타낸 것이며, 국내 순환골재 품질기준 이상을 만족하고 있음을 알 수 있다.

Table 3. Physical properties of natural fine aggregate

Items	FM	SSD	Absp (%)	Wc (%)	γ_t (kg/m ³)	%vol (%)	%wash (%)
Fine aggre.	2.50	2.58	1.14	14.3	16.09	70.2	2.6

where, FM=Fineness modulus, SSD=Surface-dried density, Absp=Absorption, Wc=Water content, γ_t =Unit weight, %vol=Percentage of absolute volume, %wash=Wash-out test

Table 4. Comparison between experimental results and required standard for recycled fine aggregate

Items	Domestic standard	Experimental results
Density	$\geq 2,200\text{kg/m}^3$	2,230kg/m ³
Absorption	$\leq 5.0\%$	4.17%
Unit volume mass	None	1.51 kg/cm ³
Solid volume	$\geq 53\%$	59.6%

2.2 실험계획

순환잔골재의 다량 사용에 따른 골재의 영향 평가를 위해 모르타르 강도와 천연잔골재 대비 순환잔골재의 치환률을 실험변수로 취하였다. 배합비는 일반 모르타르에서 주로 사용되는 비율로 시멘트와 잔골재 비율을 1:2.45로 정하였으며, 강도는 21, 27, 35MPa 등 세 가지 수준을 정하였고, 천연잔골재 대비 순환잔골재의 대체 비율을 10%씩 증가하여 100%까지 대체하는 경우에 대해 검토하였다. Table 5는 천연잔골재만을 사용하여 예비 배합실험을 통해 결정한 배합비를 나타낸 것이다.

Table 5. Mix design proportions determined from preliminary experiment

f_{ck} (MPa)	W/C (%)	Unit weight(kg/m ³)			Remarks
		Water	OPC	Fine aggreg.	
21	54	303	561	1,375	Replacement 0~100% by 10%
27	47.2	265	561	1,375	
35	40	225	561	1,375	

2.3 실험방법

순환잔골재 사용에 따른 기초 물성시험으로 체가름시험을 통해 골재의 입도 및 조립률을 구하고 또 밀도, 흡수율, 실적률 등을 측정하였다. Table 5에 근거한 배합을 통해 모르타르를 제작하고 KS L 5111 시멘트 시험용 플로 테이블에 의거한 플로(flow) 시험을 통해 유동성을 평가하였으며, KS L 5105 수경성 모르타르의 압축강도 시험방법에 준하여 50×50×50mm 입방체 몰드를 제작한 후 재령 1, 3, 7, 28일에서 압축강도를 측정하였다. 휨강도시험은 KS F 2408에 따라 40×40×160mm와 150×150×600mm의 각주형 몰드를 사용하여 공시체를 제작하고 재령 3, 7, 14, 28일에 강도를 측정하였다. 또 건조수축시험에서는 40×40×160mm의 각주형 공시체에 대해 재령 7일 동안 20±2°C에서 수중 양생한 후, 온도 20°C, 상대습도 60%의 조건으로 120일 동안 길이변화를 측정하였다.



Fig. 2. Overview of flow test

3. 실험결과 및 고찰

3.1 사용 순환잔골재의 입도 분포와 조립률

사용 순환잔골재에 대해 체가름시험을 실시하였으며, 그 결과는 Fig. 3과 같다. 그림에서 보면 순환잔골재는 천연잔골재에서 제시하고 있는 표준 입도분포 범위를 벗어났다. 대부분의 입도크기는 0.6~1.2mm에 집중되어 있는 반면에 미립자의 크기가 부족하여 양호한 입도구성을 형성하기 위해서는 천연골재를 일정 비율 혼합하여 사용하는 것이 필요하며, 단독의 순환잔골재만 사용할 경우에는 충분한 공극 채움이 일어나지 않기 때문에 천연골재를 사용한 경우와 동일한 강도확보를 위해서는 보다 많은 양의 시멘트가 소요되게 된다는 것을 알 수 있다.

Fig. 4는 입수한 순환잔골재의 조립률을 나타낸 것으로, 측정된

조립률은 3.4~4.0의 범위로 평균 3.73의 값을 보여 주고 있다. 일반적으로 순환골재는 콘크리트용 골재 생산을 위해 여러 번의 파쇄공정을 거쳐 골재에 부착된 모르타르를 제거하게 되는데, 이로 인해 미립성분이 많아지므로 조립률이 천연골재의 조립률 보다 낮은 것으로 알려져 있다(Lee et al, 2008).

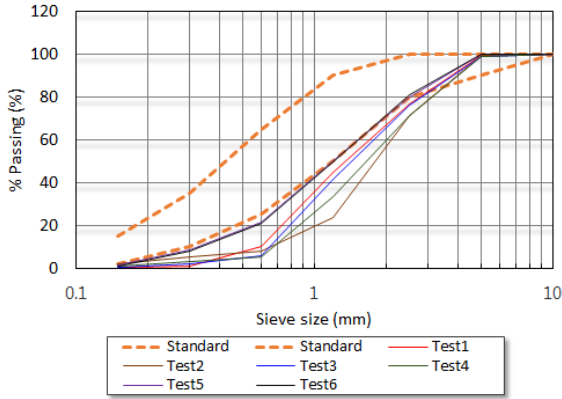


Fig. 3. Distribution of particle-size gradation

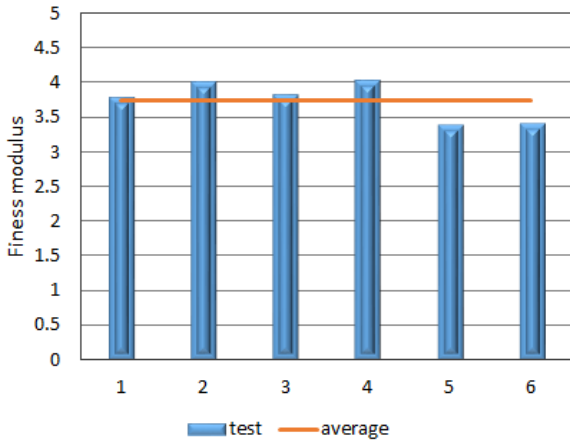


Fig. 4. Fineness modulus of recycled fine aggregate used

Table 6. Fineness Modulus proposed by previous researchers

Reference	F.M of recycled aggreg.	F.M of natural aggreg.
Chen et al. (2003)	2.61-2.68(F.A)	2.95(F.A)
Tu et al. (2006)	2.74(F.A), 6.35(C.A)	2.78(F.A)
Evangelista & Brito (2010)	2.38(F.A)	2.38(F.A)
Tangchirapat et al. (2008)	3.55(F.A), 6.40(C.A)	3.04(F.A), 6.04(C.A)
Lin et al. (2004)	3.10(F.A), 6.75(C.A)	3.28(F.A)

F.A: fine aggregate, C.A: coarse aggregate

그러나 본 실험에 사용된 순환잔골재는 앞서 입도분포에서 나타난 바와 같이 미립분이 부족하고 중간 크기의 잔골재가 집중되어 있는 까닭에 천연잔골재의 조립률을 상회하였다. Table 6은 여러 연구자에 의해 제시된 조립률의 예를 나타낸 것이다.

Fig. 5는 순환잔골재에 대해 실험을 통해 얻은 밀도와 흡수율을 도사한 것으로 JCI(1997)에서 제시한 밀도와 흡수율과의 상관관계 곡선에 잘 부합되고 있음을 알 수 있다.

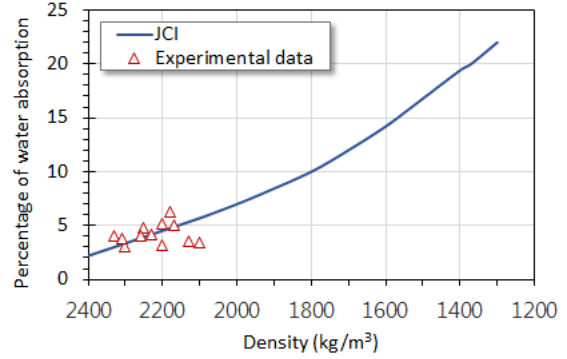


Fig. 5. Relationship between density and percentage of water absorption

3.2 굳지 않은 모르타르의 특성

3.2.1 유동성

앞서 예비실험을 통해 결정한 3종류의 배합비에 대해 순환잔골재의 혼입률을 변화시키면서 흐름시험기를 사용하여 모르타르의 유동성을 평가한 결과는 Fig. 6과 같다.

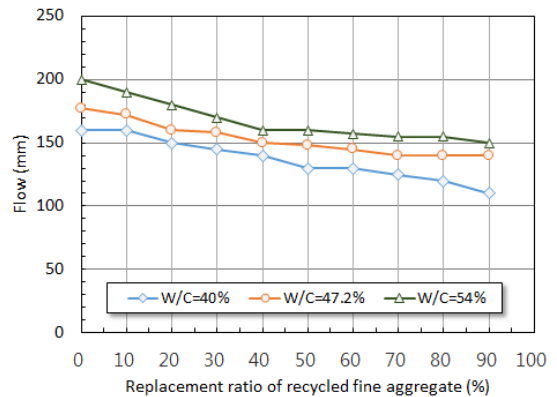


Fig. 6. Fluidity of mortar with different replacement ratios of recycled fine aggregate

그림에서 보는 바와 같이, 물-시멘트비가 높을수록 유동성은

상승하였으며 순환잔골재의 치환률이 높을수록 원 골재에 붙어 있는 시멘트페이스트나 골재 내부에 혼재된 시멘트페이스트의 입자로 인한 흡수율 증가로 인해 유동성이 감소하였다. 특히, 분쇄과정에서 깨진 페이스트의 각진 입형이 유동성 저하에 기여하였을 것으로 판단된다.

3.2.2 공기량 및 단위용적질량

제안된 강도 범위에서는 순환잔골재의 각각의 대체비율별로 얻은 공기량과 단위용적질량이 강도에 미치는 영향이 나타나지 않기 때문에 Fig. 7과 같이 강도 크기별로 구분하지 않고 순환잔골재의 대체비율에 따른 각각의 공기량과 단위용적질량을 함께 도시하였다.

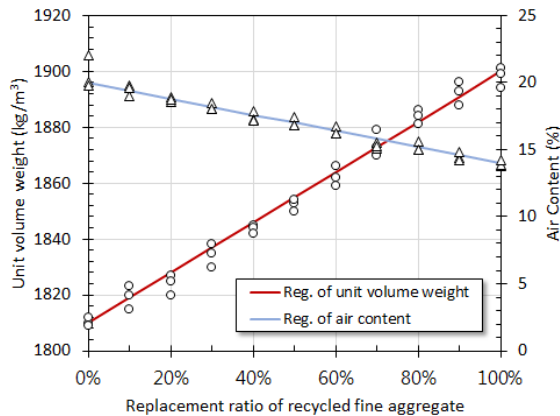


Fig. 7. Unit volume weight and air content with replacement ratio of recycled fine aggregate

먼저 공기량 측정 결과를 살펴보면, 모든 경우에 KS L 5220의 건조시멘트 모르타르 기준인 27% 이하를 만족하였으며, 순환잔골재로의 대체율이 증가할수록 그림에서 보는 바와 같이 공기량은 점차 감소하는 경향을 보이고 있다. 이와 같은 공기량 감소는 천연잔골재에 비해 순환잔골재의 다공성과 그로 인한 기포의 깨짐 현상, 높은 흡수율에 기인한 것으로 판단되며, 이는 단위용적질량과 역비례 관계를 나타내고 있는 현상을 통해서도 확인할 수 있다. 일반적으로 순환잔골재의 겉보기 밀도는 천연골재에 비해 상대적으로 낮고 또한 실적률이 작기 때문에 순환 굵은 골재와 순환잔골재를 함께 사용한 20~40MPa 범위의 콘크리트에서는 순환골재의 대체율이 증가할수록 단위용적질량의 저하가 나타나는 것으로 보고되고 있다(Park 2012). 그러나 본 연구에서 사용된 순환잔골재는 앞서 언급된 바와 같이 천연잔골재의 조립률을 상회하였으며 또한 높은 흡수율로 인해 단위용적질량은 순환잔골재의 대체 비율

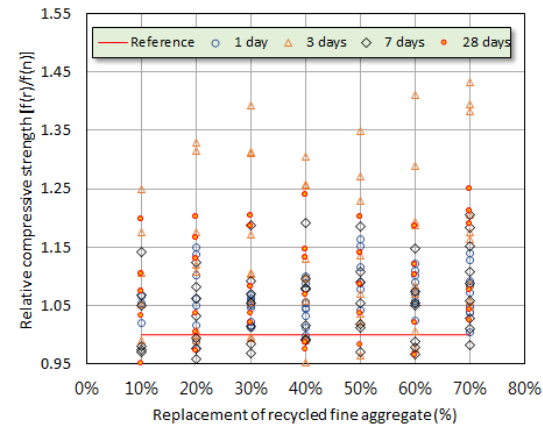
이 높을수록 증가하는 것으로 나타났다.

3.3 경화한 모르타르의 특성

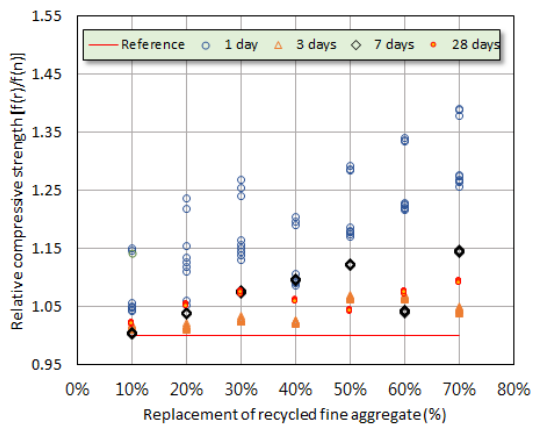
3.3.1 압축강도

Fig. 8은 천연잔골재 사용 대비 순환잔골재 대체사용에 따른 재령별 압축강도의 비를 도시한 것이다. 그림에서 상대압축강도비는 임의의 재령에서 천연잔골재를 100% 사용하였을 때의 강도에 대한 순환잔골재로 일부 치환하였을 때의 강도비, 즉 $f_c(\text{순환 잔골재 \% 대체 혼합시 강도})/f_c(\text{천연 잔골재 100\% 적용시 강도})$ 를 나타낸 것으로, 임의의 재령에서 천연 잔골재와 순환 잔골재의 모르타르 강도가 동일하다면 1이 된다. 그림에서 보는 바와 같이, 대부분의 경우 상대압축강도비가 1 이상을 나타내고 있어 천연잔골재만을 사용하였을 때보다 순환잔골재를 사용한 경우가 압축강도가 증진된다는 것을 알 수 있는데, 이는 순환잔골재의 높은 흡수율에 따른 배합수 흡수로 인해 천연잔골재를 사용하였을 때보다 동일 물-시멘트비에 대해 높은 강도비를 갖게 된 것에 기인한 것으로 판단된다. 그러나 물-시멘트비가 클수록 상대 압축강도비의 분포 폭이 커지고 있어 강도 확보 측면에서 불안정한 양상을 보이며, 낮은 재령에서 그 현상이 뚜렷함을 알 수 있다. 이와 같은 넓은 분포 폭의 상대압축강도비에서는 천연골재를 사용한 경우처럼 물-시멘트비에 대응하는 압축강도 예측이 불가능하게 된다. 따라서 보다 좁은 분포 폭의 압축강도 발현을 위해서는 순환잔골재를 사전에 침수시키는 프리웨팅(pre-wetting)을 적용하는 것이 추천되며, 이 방법을 적용할 경우 골재 흡수의 안정화로 인해 천연골재와 같이 기대하는 강도예측이 가능할 것으로 판단된다.

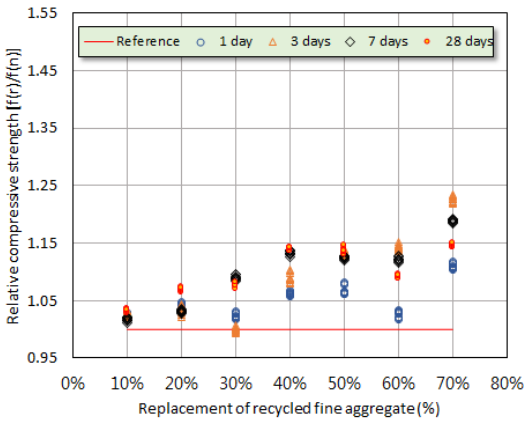
Fig. 9는 순환잔골재의 대체 혼입에 따른 재령별 측정된 강도값을 나타낸 것으로 상대압축강도비를 통해 언급한 바와 같이, 순환잔골재를 사용할 경우 천연잔골재를 사용한 모르타르와 동등내지는 약간 상회하는 강도값이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한, 물-시멘트비의 크기에 따라 생성되는 압축강도 크기는 달라지지만, 그림에서 보듯이 순환잔골재의 대체비율에 따른 일정한 경향을 찾기 어렵다는 것을 알 수 있다. 강도확보 측면에서 물-시멘트비 조정과 감수효과를 위해 화학 혼화제를 사용할 경우 압축강도 30MPa 이상 확보하는 데는 문제가 없을 것으로 판단된다. 다만, 앞서 언급한 바와 같이 공중 상에서 완전히 제거되지 않고 잔골재와 함께 입자 형상으로 상존하고 있는 시멘트페이스트의 흡수성 때문에 강도의 정량적 예측이 용이하지 않고, 구조 용도의 콘크리트 적용시례가 많지 않다는 점, 또 장기적 내구성 확인 등의 기술적 검증이 요구되는 점이 순환골재의 실용화를 위해 추가 고려되어야



(a) W/C=54%



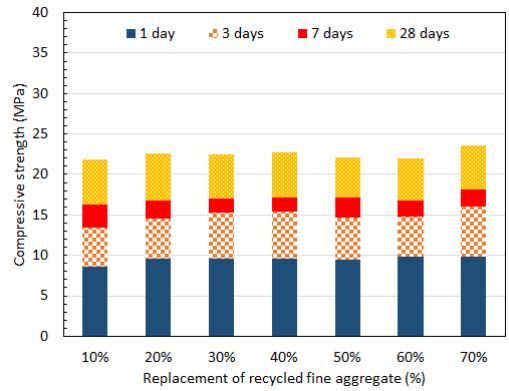
(b) W/C=47.2%



(c) W/C=40%

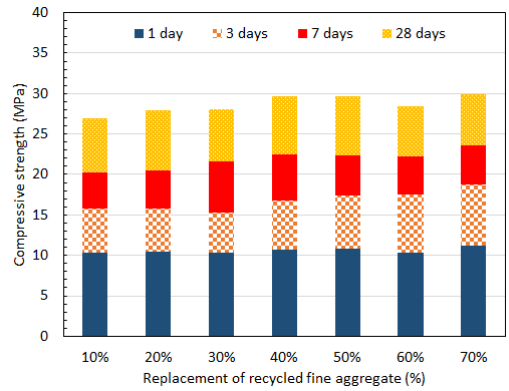
Fig. 8. Distribution of relative compressive strengths for each water-cement ratio according to replacement by recycled fine aggregate

할 사항이다. 그러나 프리웨팅 방식을 적용한 콘크리트 배합이나 건식배합이 주로 사용되는 프리캐스트용 2차 콘크리트 제품을 제작할 경우에는 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.



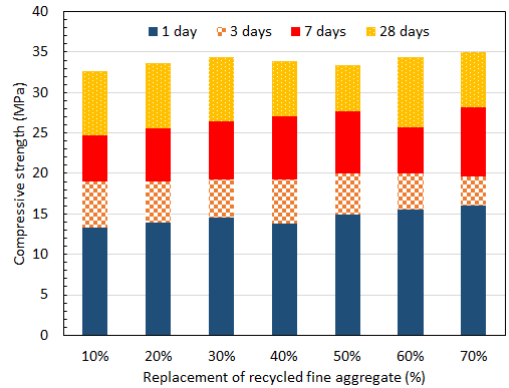
(a) W/C=54%

(When using natural fine aggregate, $f_{28}=20.3\text{MPa}$)



(b) W/C=47.2%

(When using natural fine aggregate, $f_{28}=26.1\text{MPa}$)



(c) W/C=40%

(When using natural fine aggregate, $f_{28}=32.0\text{MPa}$)

Fig. 9. Compressive strengths with different replacement ratios of recycled fine aggregate at each water-cement ratio

3.3.2 흡인장강도

Fig. 10은 순환잔골재의 천연잔골재 대체 혼입에 따른 흡인장강도 시험결과값을 도시한 것으로, 강도의 변동 폭이 크게 나타나고 있지만 천연잔골재를 사용한 값보다 상회하는 양상을 보이고 있

다. 이는 압축강도에서도 설명하였듯이 대체비율이 높을수록 흡수율이 높은 순환잔골재가 배합수를 흡수함으로써 물-시멘트비의 저감효과로 인한 강도 상승으로 나타난 결과이며, 또한 이와 상응하여 강도의 변동 폭도 크게 나타난 것으로 판단된다. 따라서 순환잔골재의 대체 비율에 의한 정량적 효과를 제시하기는 어렵지만, 천연잔골재로 얻을 수 있는 인장강도 확보까지는 접근이 가능하다는 것을 본 실험결과를 통해 알 수 있다.

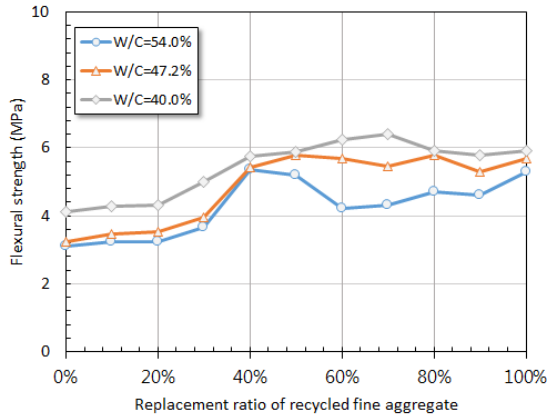


Fig. 10. Flexural strength associated with different replacement ratios of recycled fine aggregate

3.3.3 건조수축

순환잔골재의 천연골재 대체에 따른 건조수축 효과를 검토하기 위하여 보다 안정적인 값인 재령 120일에서의 건조수축량을 측정하였으며, 그 결과를 도시하면 Fig. 11과 12와 같다. 천연잔골재를 사용한 모르타르의 건조수축량은 $1,100 \sim 1,300 \times 10^{-6}$ 정도 이었으며, 순환잔골재의 대체비율이 높을수록 건조수축량은 증가하는 것으로 나타났다. 이 증가율은 Fig. 11에 나타난 바와 같이 물-시멘트비가 클수록 건조수축량은 증가하였으며, 순환잔골재 대체 비율 대비 건조수축 기울기도 상승됨을 확인할 수 있다. 순환잔골재로 100% 대체하였을 때 Fig. 12와 같이 적용되는 강도에 따라 다르지만, 천연잔골재로 제작한 모르타르에 비해 대략 1.5~1.7배 건조수축이 증가하는 것으로 나타났다. 이에 대한 원인으로, 잔골재 표면에 부착된 시멘트 페이스트 이외에도 폐콘크리트 파쇄과정에서 골재로부터 탈락된 흡수율이 높은 다공성의 시멘트페이스트가 완전히 제거되지 않고 골재로 함께 포함된 상태에서 흡수된 배합수가 쉽게 대기 중으로 배출되어 건조수축 증가 요인으로 작용하였기 때문으로 판단된다.

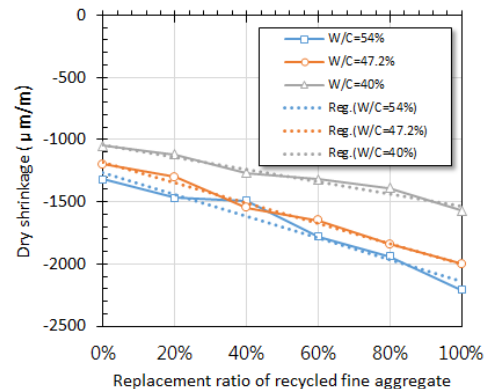


Fig. 11. Dry shrinkage strains with different W/C ratios in various replacements of recycled fine aggregate

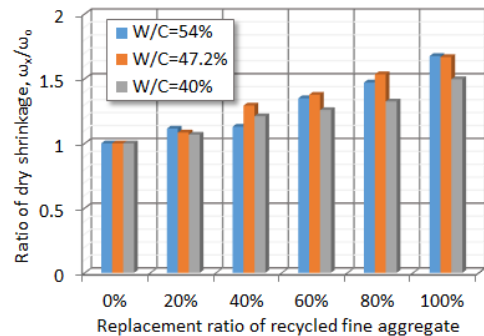


Fig. 12. Ratio of dry shrinkage vs. replacement of natural fine aggregate by recycled one

4. 결론

국내 콘크리트용 골재 부족 현상이 심화되고 있는 상황에서 저부가가치용으로 주로 사용되고 있는 순환골재를 천연골재 대체재로 활용하기 위한 방안을 모색하기로 하였다. 이에 먼저 골재 내부 시멘트페이스트 제거가 곤란하고 품질관리가 비교적 어려운 것으로 알려져 있는 순환잔골재를 다량 사용할 경우 콘크리트에 미치는 영향을 레오로지적으로 평가하기 위하여 본 연구에서는 천연잔골재 대비 순환잔골재의 대체량을 실험변수로 하는 모르타르 시험을 수행하였으며, 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1. 순환 잔골재는 굵은 골재에 비해 골재 표면에 부착한 시멘트페이스트 제거가 어렵고 여러 단계의 파쇄공정을 거쳐야 하기 때문에 KS에서 일반 잔골재용으로 제시하고 있는 표준입도곡선의 범위를 벗어났다. 따라서 경제적 배합을 위해서는 단독 순환 잔골재를 사용하기보다는 천연잔골재와 일정 비율을 혼합하여

입도나 조립률을 조정하는 것이 필요하다.

2. 원 골재에 붙어 있는 시멘트페이스트나 골재 내부에 혼재된 시멘트페이스트의 입자로 인한 흡수율 증가, 각진 입형 등으로 인해 배합된 모르타르의 유동성과 공기량은 순환잔골재 대체 비율이 증가할수록 감소하였다.
3. 순환잔골재의 혼입량을 실험변수로 한 재령별 상대압축강도비를 측정된 결과, 내부에 포함된 시멘트페이스트의 불균등 분포에 따른 흡수율의 불안정으로 인해 상대압축강도비의 분산 폭이 커 강도 예측에 어려움이 있었다. 그러나 순환잔골재를 천연잔골재 대체 다량 혼입하여도 압축강도나 휨강도는 천연잔골재를 사용한 결과값을 상회하고 있어 강도 확보에는 문제가 없는 것으로 나타났으며, 혼합비율에도 영향이 없는 것으로 나타났다. 다만, 건조수축량에 있어서 순환잔골재로 100% 치환 시 천연골재를 사용한 경우에 비해 1.5~1.7배 높아지는 것으로 나타났다.
4. 강도예측을 위해서는 낮은 물-시멘트비와 함께 골재를 프리웨팅하는 방식을 적용하거나, 건조수축량을 저감하기 위해서는 건식방식으로 생산하는 콘크리트 2차 제품이 추천되며, 또 다량의 대체 치환 시에도 강도 확보에 있어 큰 문제가 없으므로 순환잔골재의 다량 활용이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 환경부의 환경산업선진화기술개발사업(No. 201400 0150001)에서 지원받았습니다.

References

JASS 5. (2009). Reinforced Concrete, Section 28 Recycled

Aggregate Concrete [in Japanese].

- JCI. (1997). Recycled Aggregate for Concrete, **35(7)**, Japanese Concrete Engineering, 42-48 [in Japanese].
- KCI. (2004). Recycling of Concrete, Korea Concrete Institute, 42-60 [in Korean].
- KORAS. (2015). Good Examples in Recycled Aggregate and Applied Products [in Korean].
- KS F 2573. (2006). Recycled Aggregate for Concrete [in Korean].
- Lee, D.G., Han, S.I., Choi, D.J., Kang, C., Kim, J.S., Kim, J.M. (2008). The experimental study on the plaster mortar using recycled fine aggregate, 2008 Spring Conference of KCI, 473-476 [in Korean].
- Lee, D.H. (2004). Problems and policies for the reuse of recycled aggregate, Korea Land and Housing Corporation, **83**, 29-35 [in Korean].
- Lee, S.H. (2004). Domestic status of production and application of recycled aggregate, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology [in Korean].
- Lee, S.H., Shim, J.W. (2004). A study on the properties of mortar and recycled fine aggregate by the wet-production formula, Journal of AIK, **20(7)**, 69-75 [in Korean].
- Park, W.J. (2012). A study on the relationship between compressive strength and various properties of recycled aggregate concrete, Journal of AIK, **28(3)**, 43-50 [in Korean].
- Shim, J.W., Lee, S.H., Seo, C.H. (2007). An experimental study on the affixed mortar quantity measurement method of the recycled aggregate, 2007 Spring Conference of KCI, 613-616 [in Korean].

순환잔골재의 다량 사용에 따른 모르타르의 특성

본 연구에서는 순환골재의 다량활용 일환으로 품질이 천연골재에 비해 매우 열악하고 관리가 어려운 것으로 알려져 있는 순환잔골재만을 사용하여 그 치환률에 따른 모르타르의 성상변화에 대해 검토하였다. 실험결과, 골재 자체의 입도는 표준입도분포 범위를 벗어났고 조립률이 다소 높게 나타났다. 또한 모르타르로 제작한 경우, 완전히 제거되지 않은 시멘트페이스트의 다공성과 흡수성으로 인해 유동성 및 공기량 저하, 건조수축량 증가 등 불리한 조건들이 나타났지만, 강도 측면에서는 천연잔골재를 사용한 모르타르의 강도를 상회하는 결과가 나타나 물-시멘트비 조정과 화학혼화제의 적절한 사용을 통해 목표로 하는 일반강도 이상의 강도확보가 가능하며, 프리캐스트 콘크리트 제품에는 순환잔골재의 다량 사용이 가능한 것으로 나타났다.