

순환골재 혼합비율에 따른 인터로킹 블록의 물리적 특성에 관한 연구

A Study on the Physical Properties of Interlocking Block with the Contents of the Recycled Aggregate

(Received November 23, 2012 / Revised December 10, 2012 / Accepted December 10, 2012)

전찬수^{1)*} 송태협²⁾ 윤상혁¹⁾

¹⁾한국건설기술연구원, 공공건축연구본부, 미래건축연구실, 연구원

²⁾한국건설기술연구원, 공공건축연구본부, 미래건축연구실, 연구위원

¹⁾Chan-Soo Jeon, ²⁾Tae-Hyeob Song, ¹⁾Sang-Hyuck Yoon

Advanced Building Research Division Building Research Department, KICT,
IlsanSeo-Gu, Goyang, 411-712, Korea

Abstract

Recycled aggregates are made from construction wastes, and they have many national and social benefits by saving energy, developing substitute resources, and protecting environment. However, low-quality recycled aggregate with low density and high absorption rate cannot be used for structural concrete aggregate but is used mainly for low added value. Therefore, this study aims to identify the characteristics of the materials of recycled aggregates made after crashing and pulverizing waste concrete. For this, their major physical characteristics of cement content, absolute dry density, absorption rate, etc. were reviewed to make a mix design (draft) for the production of the secondary product and performance evaluation was done on the bending strength, absorption rate, bending strength after freezing and thawing, compressive strength, air-dried gravity, etc. of the test products produced by applying the mix design to compare the results with the quality standards of GR mark. The results of the tests showed that the substitution rate of recycled aggregate increased to 50~90%, which is of superior quality than the performance standards of GR F 4007. Therefore, it is thought that they can be used for various construction works with certain physical characteristics applicable to the production of secondary concrete products using recycled aggregates.

키워드 : 폐콘크리트, 순환골재, 순환골재콘크리트, 인터로킹 블록, 강도

Keywords : Waste Concrete, Recycled Aggregate, Recycled Concrete, Interlocking Block, Strength

1. 서론

건설폐기물은 건축, 토목공사의 시행 및 각종 건설구조물의 해체공사에서 배출되는 불요물의 총칭으로 볼 수 있으며, 구체적으로는 폐콘크리트, 잔토, 건설소니, 목편, 폐종이류, 폐금속류, 폐플라스틱류, 폐유리 및 폐도자기 등에

이르기까지 다양한 구성으로 이루어져 있다. 국내 건설폐기물 발생량은 지속적으로 증가하고 있으며, 2010년 기준 일일 발생량은 178,120 톤/일로 전체 폐기물 발생량의 49%를 차지하고 있다.¹⁾ 발생 건설폐기물의 재활용 비율은 매년 증가하고 있으며, 건설폐기물에 대한 합리적 처리와 재활용에 대한 기술개발을 통한 종합적 시스템 구축을 위한 노력을 끊임없이 추진해 왔으며, 최근에는 이에 대한 가시적인 효과획득의 구체적 대안이 제시되고 있다.²⁾ 특히, 3대 건설재료인 콘크리트는 세계적으로 건설용 구조재료로

* Corresponding author

E-mail: jcsi0815@kict.re.kr

서 널리 제조, 활용되고 있다는 점에서 재활용 기술개발 노력의 중심이 되고 있으며, 이에 따른 합리적 처리와 재활용에 대한 노력이 시급한 실정이다.

건축물 해체 후 발생하는 폐 콘크리트의 재활용에 대한 기술개발 방안의 하나로서 순환골재의 활용에 초점을 두고 있다.³⁾ 순환골재는 건설폐기물을 분쇄하여 입도별 선별 과정을 거쳐 생산되는 것으로서 매립재나 도로용 보조기층재, 새로운 콘크리트의 제조 등에 활용할 수 있다. 또한, 재활용 용도의 2차제품은 원료취득→생산→유통→사용→폐기 등 제품의 전과정 각 단계에 걸쳐 자원에너지를 절감하고 오염물질에 대한 배출을 저감시키는 제품을 선별해 국가가 친환경상품임을 공인하고 있는 제도적 마련을 추구하고 있다.⁴⁾⁵⁾

이는 건설폐기물의 재활용은 적절한 처리절차와 가공 및 활용에 관련된 세부적 요소기술의 통합에 의한 종합적 시스템 구축에 의해서만 가능하며, 이러한 측면에서 건설폐기물의 재활용도 접근되어야 한다.

따라서, 본 연구는 공장생산으로 품질관리가 용이한 콘크리트 2차제품의 생산에 순환골재를 사용하는 기술적 방안의 정립을 목표로 하였으며, 이를 위하여 순환골재의 물리적 특성과 품질기준을 비교, 순환골재 생산공정과 특성에 대한 고찰 등을 실시하고자 한다. 또한, 2차제품 생산을 위한 배합 등의 최적배합을 도출하고, 도출된 배합으로 순환골재가 혼합된 보차도용 콘크리트 인터로킹블록의 제품에 대한 성능평가 등을 실시하여 성능이 우수한 콘크리트 2차제품을 개발하는데 연구의 목적이 있다.

2. 실험계획

2.1 실험계획

본 연구는 건설폐기물중간처리업체로 반입되는 폐콘크리트로부터 생산된 순환골재 5mm이하, 8mm이하, 5~13mm로 혼합하여 시료를 먼저 제조하고, 이에 콘크리트 2차 제품 생산의 활용을 위한 물리적 성능은 모르타르함유량, 절대 건조밀도, 흡수율, 입도 등을 분석하여 인터로킹 블록의 제조를 위한 기초적 자료가 될 수 있도록 하였다. 또한, 콘크리트 2차 제품 생산의 활용을 위한 물리적 성능을 분석 후 2차 제품에 대한 물리적 성능은 휨 강도, 동결 융해 시험 후 휨 강도, 흡수율, 기건밀도, 압축강도 등을 분석하여 인터로킹 블록의 제조를 위한 배합기준을 도출하고자 한다. 실험인자 및 측정항목은 Table 1과 같다.

2.2 혼합비율 및 배합

순환골재를 콘크리트 2차제품에 적용하기 위하여 혼합비율(5mm이하 : 8mm이하 : 5~13mm)에 따른 물리적 성질을 중량배합비율로 Table 2와 같이 10수준으로 설정하였다. 또한, 콘크리트 2차제품의 제조에 있어서 물-시멘트비 25%, 양생방법 등에 관한 규정만 간단하게 명시되어 있을 뿐⁶⁾, 배합기준은 업체의 자율로 위임하고 있는 실정이다. 본 실험에서는 현재 국내 콘크리트 2차제품 제조회사에서 가장 많이 사용하는 배합비를 바탕으로 시멘트와 순환골재 비(C:A)를 1:3, 1:5로 설정하였으며, 순환골재는 천연골재 대체율을 검토하기 위하여 50%, 70%, 90%로 설정하였다. 순환골재 대체율에 따른 인터로킹 블록의 배합은 Table 3과 같다.

Table 1. Experimental plan

ID	Levels	Test items
Performance evaluation of recycled aggregate	Mixing ratio(5mmunder:8mmunder:5~13mm) 1:1:4, 1:2:3, 1:3:2, 1:4:1, 2:3:1, 2:2:2, 2:1:3, 3:1:2, 3:2:1, 4:1:1	Contents of mortal
		Dry density
		Absorption ratio
Performance evaluation of interlocking block	Mixing ratio(5mmunder:8mmunder:5~13mm) 1:1:4, 2:1:3, 3:1:2, 4:1:1 Replacement of recycled aggregate 50%, 70%, 90%	Flexural strength
		Flexural strength after freezing and thawing
		Drying specific gravity
		Compressive strength

Table 2. Mixing ratio of recycled aggregate

ID	Wt (%)		
	5mm under	8mm under	5~13 mm
Mixing ratio of A	1.0	1.0	4.0
	1.0	2.0	3.0
	1.0	3.0	2.0
	1.0	4.0	1.0
Mixing ratio of B	2.0	3.0	1.0
	2.0	2.0	2.0
	2.0	1.0	3.0
Mixing ratio of C	3.0	1.0	2.0
	3.0	2.0	1.0
Mixing ratio of D	4.0	1.0	1.0

Table 3. Mixing of interlocking block according to replacement of recycled aggregate

Mixing ratio	Mix proportion (C:A)	W / C (%)	Replacement of recycled aggregate (%)	Unit Volume (l/m ³)			Unit Weight (kg/m ³)			
				Cement	Recycled aggregate	Nature aggregate (Sand)	Cement	Recycled aggregate	Nature aggregate (Sand)	W
1:1:4	1:3	25	50	171	347	294	540	750	750	135
			70		486	176		1,050	450	
			90		625	59		1,350	150	
2:1:3	1:3	25	50	171	333	294	540	750	750	135
			70		467	176		1,050	450	
			90		600	59		1,350	150	
3:1:2	1:3	25	50	171	352	294	540	750	750	135
			70		493	176		1,050	450	
			90		634	59		1,350	150	
4:1:1	1:3	25	50	171	335	294	540	750	750	135
			70		469	176		1,050	450	
			90		603	59		1,350	150	
1:1:4	1:5	25	50	98	347	294	310	750	750	77
			70		486	176		1,050	450	
			90		625	59		1,350	150	
2:1:3	1:5	25	50	98	333	294	310	750	750	77
			70		467	176		1,050	450	
			90		600	59		1,350	150	
3:1:2	1:5	25	50	98	352	294	310	750	750	77
			70		493	176		1,050	450	
			90		634	59		1,350	150	
4:1:1	1:5	25	50	98	335	294	310	750	750	77
			70		469	176		1,050	450	
			90		603	59		1,350	150	

2.3 시료 제조 및 시험체 제작

본 실험은 건설폐기물중간처리업체로 반입되는 폐콘크리트로부터 생산된 순환골재(5mm이하, 8mm이하, 5~13mm)를 혼합하여 시료를 먼저 제조하였으며, 순환골재의 재료적 특성을 검토한 후 KS L 5109 수경성 시멘트 페이스트 및 모르타르의 기계적 혼합 방법에서 규정하는 모르타르 믹서기를 이용하여 인터로킹 블록의 제작을 위한 혼합을 실시하였다.⁷⁾ 또한, 콘크리트 2차제품의 치수는 Fig.1과 같이 업체별로 생산되고 있는 일반적인 치수로서 190mm×90mm×60mm(가로×세로×두께)로 제작하였으며, 합판의 두께는 12mm 코팅 합판을 사용하여 제작하였다.⁸⁾ 인터로킹 블

록의 성형은 형틀에 믹서로 혼합한 콘크리트를 투입하고 1회 다짐시 다짐봉으로 25회씩 2단 다짐을 실시하였으며, 테이블 진동기로 진동다짐 후 압축강도 시험기를 사용하여 130±1.3kg/cm²의 압력으로 가압성형 제작하였다.⁹⁾

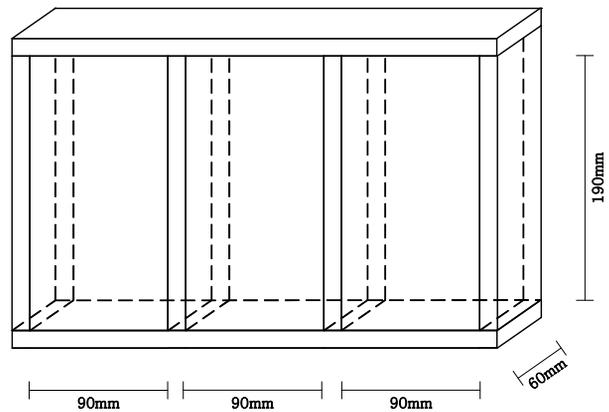


Fig. 1 Dice geometry of interlocking block

2.4 양생

GR F 4007 인터로킹 블록의 경화촉진을 위하여 사용되는 상압증기양생은 대기압하의 포화증기 속에서 양생하는 방법으로 전양생 후 20°C/hrs 이내의 속도로 온도를 올려 목적하는 온도에 이르면 그 온도에서 일정시간 동안 유지양생한 후에 서서히 온도를 내려야 하고, 양생온도는 65°C 이내, 50°C를 표준으로 하는 것이 바람직하다.¹⁰⁾

본 실험의 전양생은 시험체를 항온항습기(20±3°C, RH > 90%)에 넣어 1시간동안 유지하였으며, 초기실내 양생에 상압에 증기양생은 양생실에 최고온도 50°C까지 1시간동안 승온 시킨 후 8시간동안 유지하였다. 이후 1시간동안 서서히 감온 하였으며, 전양생을 제외한 증기양생은 10시간(50°C)이 되게 하였다.¹¹⁾ 인터로킹 블록 출하시에 소요강도를 조기에 얻을 수 있도록 시험체를 양생하였으며, 1차 초기 실내 양생이 끝난 후 상온에서 재령 7일, 28일간 보존하였다.

2.5 실험방법

Table 4는 본 실험의 실험항목과 방법을 나타낸 것으로 순환골재의 물리적 성능은 모르타르함유량, 절대건조밀도, 흡수율, 입도를, 제조된 인터로킹 블록은 휨 강도, 동결 용해 시험 후 휨 강도, 흡수율, 기건밀도, 압축강도를 분석하였다.

Table 4. Test items

ID	Test items	Experimental method
Performance evaluation of recycled aggregate	Contents of mortal	KS F 2416
	Dry density	KS F 2504
	Absorption ratio	
Performance evaluation of interlocking block	Flexural strength	GR F 4007
	Flexural strength after freezing and thawing	
	Drying specific gravity	KS F 4004
	Compressive strength	

3. 실험결과 및 분석

3.1 순환골재 혼합비율에 따른 물성실험

3.3.1 모르타르 함유량

인터로킹 블록에 사용하는 순환골재의 모르타르 함유량 시험결과는 Fig. 2와 같다. 순환골재의 혼합비율에 따라 12.49~19.33 %로 나타났으며, 혼합비율 1:3:2일 때 19.33%로 모르타르 함유량이 가장 높은 것으로 나타났다. 또한, 혼합비율 2:1:3일 때 12.49%로 모르타르 함유량이 가장 낮은 것으로 나타났으며, 순환골재의 혼합비율 선정은 1:1:4일 때 15.04%, 2:1:3일 때 12.49%, 3:1:2일 때 15.10%, 4:1:1일 때 13.16%로 모르타르 함유량이 낮게 나타난 혼합비율이 콘크리트 2차 제품에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

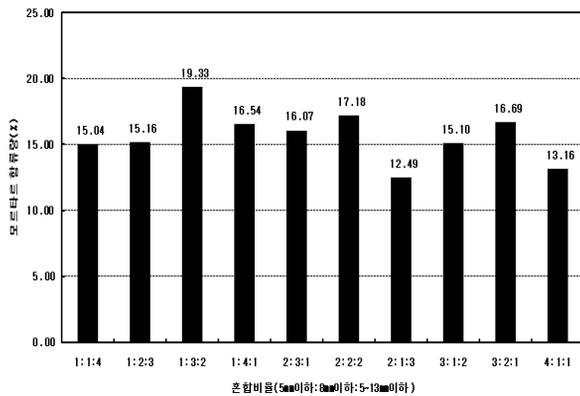


Fig. 2 A variation of contents of mortal

3.3.2 건조밀도 및 흡수율

순환골재의 건조밀도와 흡수율의 시험결과는 Fig. 3과 Fig. 4와 같이 순환골재의 혼합비율에 따라 밀도는 2.01~2.25g/cm³로 흡수율은 6.92~9.61% 나타났다. 혼합비율에 따라 낮은 밀도를 나타내는 1:3:2, 2:2:2, 3:2:1의 시험체의 경우 높은 흡수율을 나타내고 있으며, 높은 밀도인 2:3:1, 2:1:3, 4:1:1의 경우 낮은 흡수율을 보이고 있다. 이는 일반적으로 “순환골재는 골재표면에 부착되어 있는 시멘트 모르타르로 인해 낮은 밀도와 높은 흡수율을 나타내며 밀도와 흡수율은 반비례의 상관관계를 나타내는 것”¹²⁾으로 보고되어져 있다. 또한 선행된 연구결과들을 살펴보면 “순환골재를 천연골재와 혼합할 경우 혼입량이 많아질수록 혼합골재의 밀도는 저하되고 흡수율은 상승”¹³⁾하는 연구결과가 있으며 본 시험결과도 유사한 경향을 나타내었다. 따라서 순환골재를 혼입하여 인터로킹 블록을 제작 시 모르타르 함유량 시험과 유사한 혼합비율이 적용 가능한 것으로 판단된다.

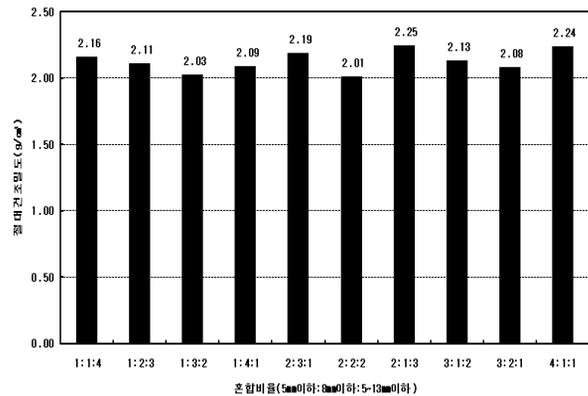


Fig. 3 A variation of dry density

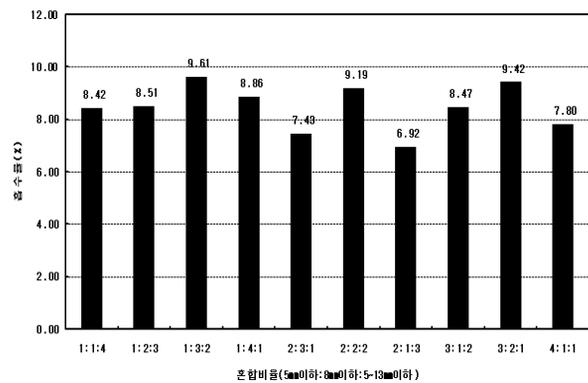


Fig. 4 A variation of absorption ratio

3.2 콘크리트 인터로킹 블록의 성능평가

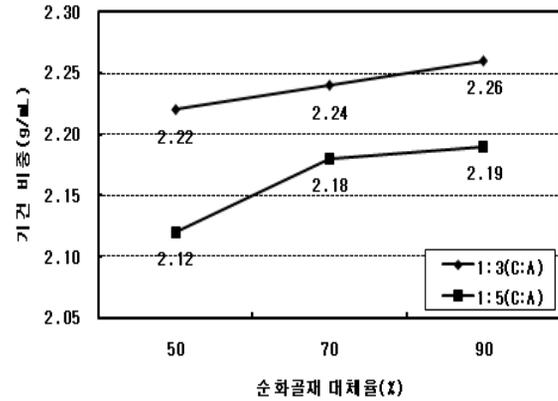
3.2.1 기건 밀도

Table 5는 기건밀도를 나타낸 것으로 순환골재 대체율이 증가함에 따른 기건 밀도는 증가하였으며, 1:3에서 혼합비율 1:1:4가 대체율 90%일 때 2.33g/mL로 가장 높게 나타났고, 혼합비율 4:1:1의 대체율 50%일 때 2.12g/mL로 가장 낮게 나타났다. 반면, 1:5에서는 1:1:4의 대체율 90%일 때 2.31g/mL로 가장 높게 나타났으며, 혼합비율 4:1:1의 대체율 50%일 때 2.10g/mL로 가장 낮게 나타났다. 1:5 보다 1:3의 경우가 0.86~7.36%로 우수하게 나타났으며, 콘크리트 2차 제품에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

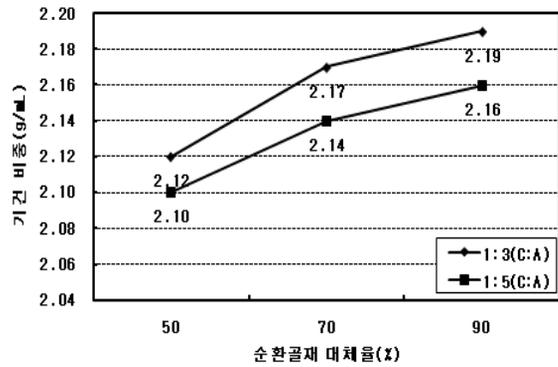
Table 5. Test results of dry density

Mixing ratio (Aggregate)*	Mixing ratio (C : A)	Replacement ratio of recycled aggregate %		
		50	70	90
1:1:4	1:3	2.31	2.32	2.33
	1:5	2.14	2.28	2.31
2:1:3	1:3	2.24	2.26	2.30
	1:5	2.13	2.21	2.21
3:1:2	1:3	2.22	2.24	2.26
	1:5	2.12	2.18	2.19
4:1:1	1:3	2.12	2.17	2.19
	1:5	2.10	2.14	2.16

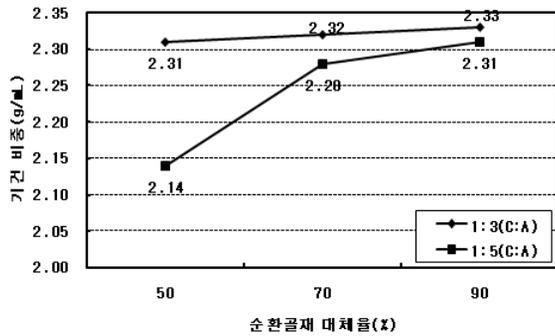
* 5mm under : 8mm under : 5-13mm



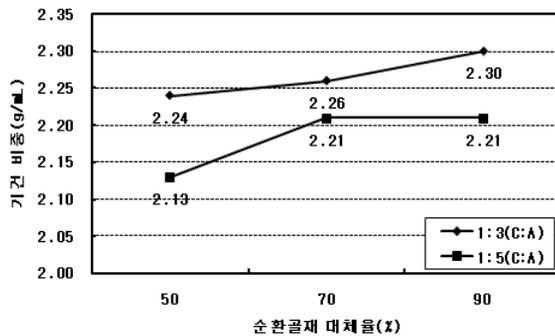
c) Mix ratio 3:1:2



d) Mix ratio 4:1:1



a) Mix ratio 1:1:4

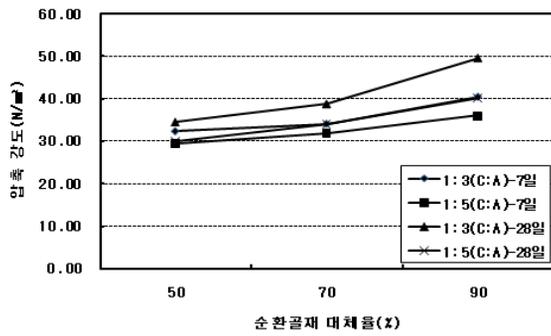


b) Mix ratio 2:1:3

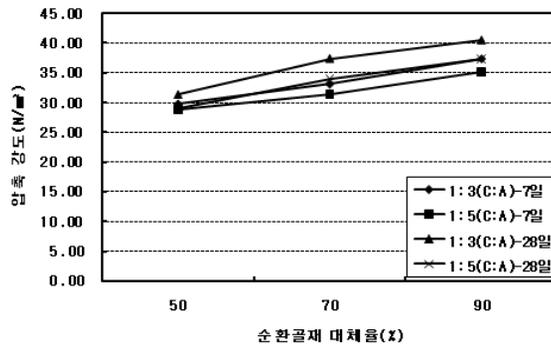
Fig. 5 A variation of specific gravity

3.2.2 압축강도

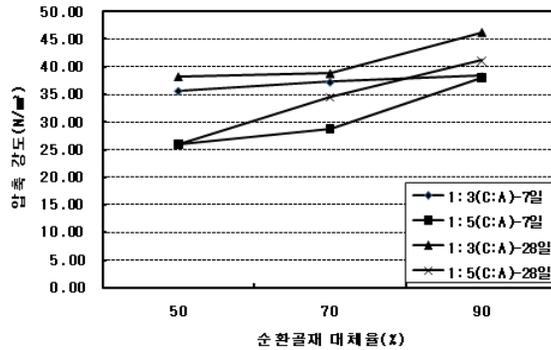
콘크리트 인터로킹 블록의 재령 7일, 28일 압축 강도 시험결과와 Fig. 6과 같다. 재령 7일의 순환골재 대체율에 따른 혼합비율 1:1:4의 압축 강도는 1:3 일 때 32.49~40.48N/mm², 1:5일 때 29.37~36.10N/mm²로 나타났으며, 혼합비율 2:1:3은 1:3 일 때 29.87~37.35N/mm², 1:5일 때 28.88~35.13N/mm²로 나타났다. 또한, 혼합비율 3:1:2는 1:3 일 때 35.64~38.35N/mm², 1:5일 때 25.90~37.95N/mm²로 나타났으며, 혼합비율 4:1:1은 1:3 일 때 39.06~47.88N/mm², 1:5일 때 27.01~33.60N/mm²로 나타났다. 순환골재 대체율이 증가함에 따른 재령 7일 압축 강도는 증가하였으며, 1:3에서 혼합비율 4:1:1의 대체율 90%일 때 47.88N/mm²로 가장 높게 나타났고, 혼합비율 2:1:3의 대체율 50%일 때 29.87N/mm²로 가장 낮게 나타났다. 반면, 1:5에서는 3:1:2의 대체율 90%일 때 37.95N/mm²로 가장 높게 나타났으며, 혼합비율 3:1:2의 대체율 50%일 때 25.90 N/mm²로 가장 낮게 나타났다.



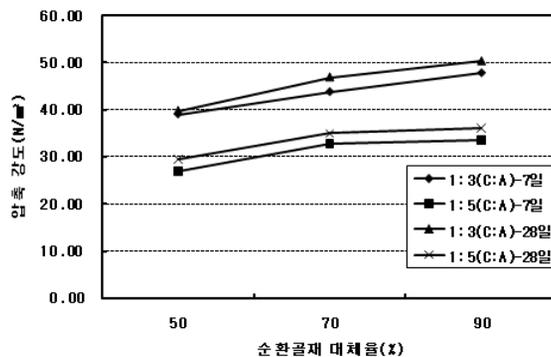
a) Mix ratio 1:1:4



b) Mix ratio 2:1:3



c) Mix ratio 3:1:2



d) Mix ratio 4:1:1

Fig. 6 A variation of compressive strength

재령 28일의 순환골재 대체율에 따른 혼합비율 1:1:4의 압축 강도는 1:3 일 때 34.63~49.62N/mm², 1:5일 때 30.03~40.21N/mm²로 나타났으며, 혼합비율 2:1:3은 1:3 일 때 31.33~40.61N/mm², 1:5일 때 28.96~37.42N/mm²로 나타났다. 또한, 혼합비율 3:1:2는 1:3 일 때 38.15~46.16N/mm², 1:5일 때 26.02~41.17N/mm²로 나타났으며, 혼합비율 4:1:1은 1:3 일 때 38.82~50.33N/mm², 1:5일 때 29.53~36.16N/mm²로 나타났다. 순환골재 대체율이 증가함에 따른 재령 28일 압축 강도는 증가하였으며, 1:3에서 혼합비율 4:1:1의 대체율 90% 일 때 50.33N/mm²로 가장 높게 나타났고, 혼합비율 2:1:3의 대체율 50%일 때 31.33N/mm²로 가장 낮게 나타났다. 반면, 1:5에서는 3:1:2의 대체율 90%일 때 41.17N/mm²로 가장 높게 나타났으며, 혼합비율 3:1:2의 대체율 50%일 때 26.02N/mm²로 가장 낮게 나타났다.

콘크리트 인터로킹 블록의 재령 7일, 28일 압축 강도는 1:5 보다 1:3의 경우가 1.04~30.85%, 7.56~31.80%로 강도 발현율이 우수하였다. 이는 일반적으로 “순환골재를 천연골재에 대체하여 콘크리트 제작 시 대체율이 증가함에 따라 강도와 탄성계수가 저하되고, 건조수축 증대, 탄산화와 동결융해와 같은 내구성 저하”¹⁴⁾를 나타내는 것으로 알려져 있다, 이는 20mm, 25mm 순환골재를 사용한 경우 나타나는 일반적인 특징이며 “8mm이하 순환골재를 사용한 시험의 경우에는 천연골재를 사용한 것보다 강도 발현이 우수한 것”¹⁵⁾으로 보고되어져 있다. 본 실험의 경우 실험에 사용한 골재 최대 치수가 13mm이하의 비교적 입자가 작은 순환골재를 사용한 것으로 강도성상만 관찰할 경우 더 나은 강도 발현을 나타내었으며 5mm이하의 순환골재 투입량이 많은 4:1:1의 시험체가 위의 이유와 골재자체의 높은 실적율에 의해 가장 높은 강도를 발현하였다. 따라서 본 실험결과 시멘트의 양이 많은 C:A비 1:3, 5mm이하의 순환골재 양이 많은 투입되는 4:1:1, 대체율이 높은 90%의 시험체가 콘크리트 인터로킹의 블록 제작시 강도면에서 유리 할 것으로 판단된다.

3.2.3 휨강도

콘크리트 인터로킹 블록의 재령 28일 휨 강도 시험결과는 Fig. 7과 같다. 재령 28일의 순환골재 대체율에 따른 혼합비율 1:1:4의 휨 강도는 1:3 일 때 7.55~8.80N/mm², 1:5 일 때 4.74~6.73N/mm²로 나타났으며, 혼합비율 2:1:3은 1:3 일 때 8.40~9.24N/mm², 1:5일 때 5.19~7.49N/mm²로 나타났다. 또한, 혼합비율 3:1:2는 1:3 일 때 7.86~9.46N/mm², 1:5일 때 4.65~8.49N/mm²로 나타났으며, 혼합비율 4:1:1은 1:3 일 때 7.39~9.42N/mm², 1:5일 때 5.22~7.85N/mm²로 나타났다. 순환

골재 대체율이 증가함에 따른 휨 강도는 증가하였으며, 1:3에서 혼합비율 3:1:2의 대체율 90%일 때 9.46N/mm²로 가장 높게 나타났고, 혼합비율 4:1:1의 대체율 50%일 때 7.39N/mm²로 가장 낮게 나타났다. 반면, 1:5에서는 3:1:2의 대체율 90%일 때 8.49N/mm²로 가장 높게 나타났으며, 혼합비율 3:1:2의 대체율 50%일 때 4.65N/mm²로 가장 낮게 나타났다. 콘크리트 인터로킹 블록의 휨 강도는 1:5 보다 1:3의 경우가 4.76~40.84%로 우수하게 나타났으며, GR F 4007의 기준값 보다 1:3일 때 32.34~47.15%, 1:5일 때 혼합비율 1:1:4, 3:1:2의 대체율 50%를 제외한 휨 강도는 3.66~41.11%로 우수하게 나타나 콘크리트 2차제품에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

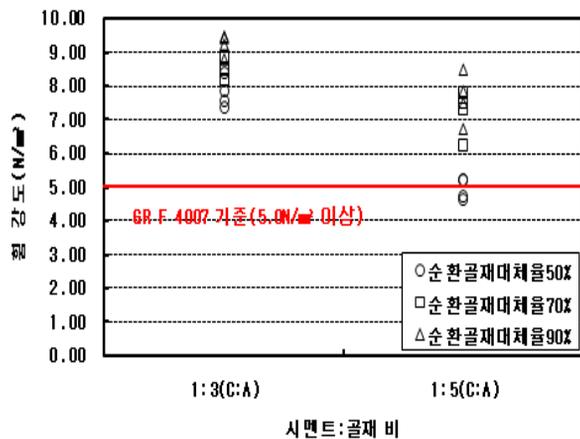


Fig. 7 A variation of flexural strength

3.2.4 동결 용해 시험 후 휨강도

콘크리트 인터로킹 블록의 동결 용해 시험후 휨 강도 시험결과는 Fig. 8과 같다. 순환골재 대체율에 따른 혼합비율 1:1:4의 휨 강도는 1:3 일 때 7.45~8.31N/mm², 1:5일 때 3.50~5.19N/mm²로 나타났으며, 혼합비율 2:1:3은 1:3 일 때 7.57~8.35N/mm², 1:5일 때 4.30~6.48N/mm²로 나타났다. 또한, 혼합비율 3:1:2는 1:3 일 때 7.13~8.49N/mm², 1:5일 때 4.57~7.05N/mm²로 나타났으며, 혼합비율 4:1:1은 1:3 일 때 7.34~7.88N/mm², 1:5일 때 4.90~6.40N/mm²로 나타났다. 순환골재 대체율이 증가함에 따른 동결 용해 시험후 휨 강도는 증가하였으며, 1:3에서 혼합비율 3:1:2의 대체율 90%일 때 8.49N/mm²로 가장 높게 나타났고, 대체율 50%일 때 7.13N/mm²로 가장 낮게 나타났다. 반면, 1:5에서는 3:1:2의 대체율 90%일 때 7.05N/mm²로 가장 높게 나타났으며, 혼합비율 1:1:4의 대체율 50%일 때 3.50N/mm²로 가장 낮게 나타났다. 콘크리트 인터로킹 블록의 동결 용해 시험후 휨 강도는 1:5 보다 1:3의 경우가 16.96~53.02%로 우수하게 나

타났으며, GR F 4007의 기준값 보다 1:3일 때 29.87~41.11%, 1:5일 때 혼합비율 1:1:4, 2:1:3, 3:1:2, 4:1:1의 대체율 50%를 제외한 동결 용해 시험후 휨 강도는 2.34~29.08%로 우수하였다.

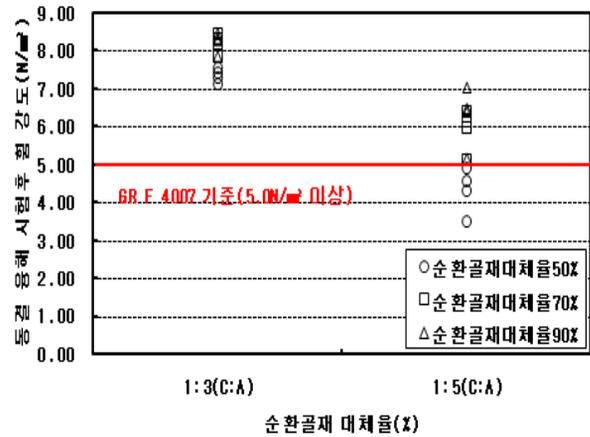


Fig. 8 A variation of flexural strength after freezing and thawing test

4. 결론

순환골재 흡입율에 따른 콘크리트 인터로킹 블록의 시험 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 인터로킹 블록에 사용한 혼합골재는 순환골재의 모르타르 함유량과 혼입율에 따라 밀도와 흡수율의 차이를 나타내었으며 혼입율 1:3:2, 2:2:2, 3:2:1이 적용 가능하였으며, 콘크리트 인터로킹 블록에 적용하기 위한 순환골재의 품질은 모르타르 함유량 15% 이하, 절대건조밀도 2.13g/cm³ 이상, 흡수율 8% 이하의 골재를 사용해야 할 것으로 판단 된다.

(2) 콘크리트 인터로킹 블록의 기건 밀도를 시험한 결과, 순환골재 대체율이 증가함에 따른 기건 밀도는 증가하였으며, 1:3에서 혼합비율 1:1:4가 대체율 90%일 때 2.33g/mL로 가장 높게 나타났고, 혼합비율 4:1:1의 대체율 50%일 때 2.12g/mL로 가장 낮게 나타났다. 반면, 1:5에서는 1:1:4의 대체율 90%일 때 2.31g/mL로 가장 높게 나타났으며, 혼합비율 4:1:1의 대체율 50%일 때 2.10g/mL로 가장 낮게 나타났다. 1:5 보다 1:3의 경우가 0.86~7.36%로 우수 하였다.

(3) 콘크리트 인터로킹 블록의 재령 7일, 28일 압축 강도를 시험한 결과, 순환골재 대체율이 증가함에 따른 재령 7일 압축 강도는 증가하였으며, 혼입율 1:5 보다 1:3의 경우가 1.04~30.85%, 7.56~31.80%로 강도 발현율이 우수하였으며 비교적 혼입율이 적은 1:3의 혼입율이 콘크리트 인터로킹 블록 제작에 유리 할 것으로 판단된다.

(4) 콘크리트 인터로킹 블록의 재령 28일 휨 강도를 시험한 결과, 압축강도와 유사한 강도 성상을 나타내었으며 혼합비율 1:1:4, 3:1:2의 대체율 50%를 제외한 휨 강도 발현율은 3.66~41.11%로 적용이 가능하였다. 또한 동결 용해 시험후 휨 강도를 시험한 결과, 순환골재 대체율이 증가함에 따른 동결 용해 시험후 휨 강도는 증가하였으며, 대체율 1:5 보다 1:3의 경우 강도 발현율 16.96~53.02%로 GR F 4007의 기준값 보다 우수하게 나타나 콘크리트 2차 제품에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

(5) 순환골재를 이용한 콘크리트 인터로킹 블록의 역학적 성능은 GR F 4007의 기준에 모두 적합한 시멘트와 순환골재 비(C:A)는 1:3으로 나타났으며, 순환골재 대체율 50%, 70%, 90% 모두 사용가능한 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 순환골재 대체율 50~90%로 증가함에 따라 GR F 4007의 성능기준 보다 우수한 품질로 나타났으며, 순환골재를 사용한 콘크리트 2차 제품의 제조 및 활용할 수 있는 소정의 물리적 특성을 확보함에 따라 각종 건설공사에서 다양하게 사용이 가능 할 것으로 판단된다.

1. 환경부, 2010 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 2011
2. 한국건설기술연구원, 폐콘크리트의 재활용 기술개발 방안에 관한 연구, 1996
3. 한국건설기술연구원, 건설부산물 재활용 방안 연구, 2003.
4. 한국건설기술연구원, 재생골재콘크리트 제조 및 시공 지침(안), 2002
5. 국토해양부, 순환골재 품질인증 기준, 2009
6. 국토해양부, 콘크리트표준시방서, 한국콘크리트학회, 2003
7. 중앙대학교, Bottom Ash를 골재를 이용한 보차도용 인터로킹 블록의 물성에 관한 연구, 2001
8. 청주대학교, 인터로킹 블록의 품질에 미치는 물시멘트 비와 화학혼화제의 영향, 1997
9. 청주대학교, 플라이애쉬 치환율 변화에 따른 인터로킹 블록의 특성에 관한 연구, 1998
10. 청주대학교, 골재의 입도와 입형 변화에 따른 인터로킹 블록의 특성, 1998
11. 경북대학교, 광촉매 인터로킹 블록의 혼화재 치환율에 따른 NOx제거 성능에 관한 실험적 연구, 2001
12. 김하석, 중화반응과 저속습식마쇄방법을 이용한 순환 잔골재 품질향상에 관한연구, p.19, 공주대학교 박사학위논문, 2011
13. 김하석, 중화반응과 저속습식마쇄방법을 이용한 순환 잔골재 품질향상에 관한연구, p.35~36, 공주대학교 박사학위논문, 2011
14. 김진만외, 순환골재 특성, 건설순환자원협회, p.41~45, 2012
15. 김진만, 황산수와 저속습식마쇄기로 생산된 고품질 순환골재의 모르타르 압축강도에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 춘계학술발표대회, p.485~488, 2008

참고문헌

순환골재 혼합비율에 따른 인터로킹 블록의 물리적 특성에 관한 연구

순환골재는 건설폐기물을 재활용함으로써 자원절약 및 대체자원의 개발과 환경보호의 측면에서 국가·사회적으로 많은 이점을 가지고 있다. 하지만 낮은 밀도와 높은 흡수율을 가지는 저품질 순환골재는 구조용 콘크리트 골재로 사용되지 못하고 주로 저부가가치로 사용되고 있다. 따라서, 이를 위하여 폐콘크리트 파·분쇄 후 발생하는 순환골재의 재료적 특성을 규명하기 위하여 물리적인 주요성질인 시멘트함유량, 절대건조밀도, 흡수율, 등을 검토하고, 2차 제품 생산을 위한 배합설계(안)을 도출하여 이를 적용한 배합으로 생산된 시제품의 휨 강도, 흡수율, 동결 용해 후 휨 강도, 압축강도, 기건비중 등에 대한 성능평가를 실시하여 품질기준 GR규격과 비교·검토 하였다. 실험결과 순환골재 대체율 50~90%로 증가함에 따라 GR F 4007의 성능기준 보다 우수한 품질로 나타났으며, 순환골재를 사용한 콘크리트 2차 제품의 제조 및 활용할 수 있는 소정의 물리적 특성을 확보함에 따라 각종 건설공사에서 다양하게 사용이 가능 할 것으로 판단된다.