

복합 폐플라스틱 골재 치환 콘크리트의 기초 물성 평가

Characterization of Concrete Composites with Mixed Plastic Waste Aggregates

이준¹ · 김경민^{2*} · 조영근³ · 김호규⁴ · 김영욱⁵

Jun Lee¹ · Kyung-Min Kim^{2*} · Young-Keun Cho³ · Ho-Kyu Kim⁴ · Young-Uk Kim⁵

(Received August 13, 2020 / Revised September 8, 2020 / Accepted September 8, 2020)

Plastic wastes generated from domestic waste are separated by mixed discharge with foreign substances, and the cost of the separation and screening process increases, so recycling is relatively low. In this study, as a fundamental study for recycling mixed plastic wastes generated from domestic waste into concrete aggregates, changes in concrete properties according to the plastic waste types and the substitution rate were evaluated experimentally. The mixed plastic waste aggregate(MPWA) was found to have a lower density and a higher absorption rate compared to the coarse aggregate with good particle size distribution. On the other hand, the single plastic waste aggregate(SPWA) was composed of particles of uniform size, and both the density and the absorption rate were lower than that of the fine aggregate. It was found that the MPWA substitution concrete did not cause a material separation phenomenon due to a relatively good particle size distribution even with the largest amount of plastic waste substitution, and the amount of air flow increased little. The compressive strength and flexural strength of the PWA substitution concrete decreased as the amount of substitution of the PWA increased due to the low strength of the PWA, the suppression of the cement hydration reaction due to hydrophobicity, and the low adhesion between the PWA and the cement paste. It was found that the degree of deterioration in compressive strength and flexural strength of concrete substituted with MPWA having good particle size distribution was relatively small.

키워드 : 폐플라스틱, 콘크리트, 재활용, 재활용 골재

Keywords : Plastic waste, Concrete, Recycling, Recycled aggregates

1. 서론

플라스틱은 우수한 물성과 가공성 및 저렴한 가격으로 소비가 급증하고 있으나, 2018년 기준 생활폐기물 중 폐합성수지의 재활용 폐기물량은 전체의 6.9%, 사업장일반폐기물 중 폐합성고분자 화합물의 재활용 폐기물량은 전체의 9.4%에 불과할 정도(Korea Environment Corporation 2019)로 폐플라스틱의 재활용이 제대로 이루어지지 못하는 실정이다.

폐플라스틱의 재활용 방법으로는 물질 재활용, 에너지 재활용

등이 있으며, 에너지 재활용의 대표적인 방법인 고품연료는 미세 먼지 등의 환경문제로 수도권·대도시권에서의 사용이 제한되는 등 환경관리 기준의 대폭적인 강화로 관련 시설의 건설 및 운영이 중단된 상태(Lee 2018)이다. 한편, 폐플라스틱의 물질 재활용은 재질선별, 이물질 제거 등의 공정을 통하여 플라스틱 제품 제조를 위한 재생원료를 만드는 것으로, 이물질이 많고 다양한 종류의 폐플라스틱이 혼합배출되는 생활폐기물 발생 폐플라스틱은 분리, 선별 공정 비용 증가로 물질 재활용이 상대적으로 저조한 실정이다.

기존 폐플라스틱의 콘크리트용 골재로의 재활용 연구의 대부분

* Corresponding author E-mail: kymkim@kd.re.kr

¹(재)한국건설생활환경시험연구원 책임연구원 (Daejeon & Chungnam Branch, KCL, Daejeon, 34113, Korea)

²(재)한국건설생활환경시험연구원 책임연구원 (Construction Technology Research Center, KCL, Seoul, 08503, Korea)

³(재)한국건설생활환경시험연구원 수석연구원 (Jeonman & Jeju Branch, KCL, Yeosu, 59631, Korea)

⁴(재)한국건설생활환경시험연구원 책임연구원 (Construction Technology Research Center, KCL, Seoul, 08503, Korea)

⁵(재)한국건설생활환경시험연구원 선임연구원 (Daejeon & Chungnam Branch, KCL, Daejeon, 34113, Korea)

은 페플라스틱을 잔골재로 치환한 연구(Mercante et al, 2018; Saikai and de Brito 2012; Ruiz-Herrero et al, 2016)로, 비교적 양호한 품질의 PET를 중심으로 PP, PE, PVC 등 단일재질의 페플라스틱으로 잔골재를 치환한 것이며, 페플라스틱으로 굵은 골재를 치환하거나 다양한 종류가 섞인 복합재질 페플라스틱으로 골재를 치환한 연구는 거의 이루어지고 있지 않은 실정이다. Jacob-Vaillancourt and Sorell(2018)은 입경 5mm 이하 복합재질 페플라스틱으로 잔골재를 치환(잔골재 체적의 5%, 10% 및 20%)한 콘크리트의 물성을 평가하였으며, 그 결과 치환율이 동일할 경우 단일재질 페플라스틱 치환 콘크리트 대비 복합재질 페플라스틱 치환 콘크리트의 압축강도 및 탄성계수가 저하하는 것으로 나타났다.

본 연구는 복합재질 페플라스틱의 콘크리트 재료로의 재활용 기술 개발을 위한 기초 연구로, 골재의 페플라스틱 치환에 따른 콘크리트 특성 변화를 평가하기 위하여 단일재질 및 복합재질의 골재 치환 페플라스틱 종류 및 골재 치환율에 따른 콘크리트 특성을 실험적으로 평가하였다.

2. 실험계획

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트와 골재

시멘트는 KS 표준의 품질기준을 충족시키는 보통 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 화학적 성분 및 물리적 특성은 Table 1과 같다. 골재는 Table 2의 물리적 특성을 가지는 부순 골재를 사용하였으며, 굵은 골재의 최대치수는 20mm, 잔골재의 최대치수는 5mm이다.

Table 1. Properties of cement

Chemical composition(%)						Fineness (cm ³ /g)	Density (g/cm ³)
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃		
21.1	6.7	2.9	61.7	3.1	0.84	3459	3.15

Table 2. Physical properties of aggregates

Aggregate	Fineness modulus	Absorption rate (%)	Density (g/cm ³)
Gravel	6.33	0.8	2.81
Sand	2.83	2.2	2.48
Plastic waste aggregates	MPWA	6.78	9.2
	LDPEWA	4.94	0.4
	PPWA	4.98	0.2

Table 3. Properties of admixture

Type	Color	Density(g/cm ³)	pH
PC	Dark brown	1.18	7
AE	Light brown	1.05	7

2.1.2 혼화제

콘크리트의 워커빌리티와 내구성 개선을 위하여 J사의 고성능 감수제와 AE제를 혼용하여 사용하였으며, 혼화제의 특성은 Table 3과 같다.

2.1.3 페플라스틱 골재

페플라스틱 골재(Plastic Waste Aggregates, PWAs)는 Fig. 1과 같이 복합재질 및 단일재질 페플라스틱의 재활용 처리공정을 통하여 1차 생산된 펠릿 형태의 재생원료를 굵은 골재 대체용 혼합페플라스틱 골재(Mixed Plastic Waste Aggregates, MPWAs)와 잔골재 대체용 폐저밀도폴리에틸렌 골재(Low Density Polyethylene Waste Aggregates, LDPEWAs) 및 페플리프로필렌 골재(Polypropylene Waste Aggregates, PPWAs)로 사용하였다. 페플라스틱 골재의 품질은 KS F 2527의 콘크리트용 골재에 준하여 평가하였으며, 그 결과는 Fig. 2 및 Table 2와 같다.

MPW 골재는 부순 굵은 골재 대비 조립률은 7% 정도 크지만, 입도는 골재의 표준 입도 범위 내인 것으로 나타났다. 한편, MPW 골재의 밀도는 부순 굵은 골재 밀도의 약 30% 수준이지만, 흡수율은 부순 굵은 골재 흡수율의 11배 이상인 것으로 나타났다. 이는 플라스틱 자체의 낮은 밀도 특성(plasticnet)과 용융 온도가 다른 물질의 혼합으로 가공 공정 중에 정확한 용융 온도 제어가 어려워 (Park 2019), Fig. 1과 같이 MPW 골재에 다량의 공극이 발생했기 때문으로 판단된다.

LDPEW 골재 및 PPW 골재는 부순 잔골재 대비 조립률이 70% 이상 큰 것으로 나타났으며, 2.5mm 체의 통과율이 5% 이하로 2.5~5.0mm의 균일한 크기의 입자로 구성된 것으로 분석되었다. 한편, LDPEW 골재와 PPW 골재의 밀도는 부순 잔골재 밀도의 약 36% 및 31%, 흡수율은 부순 잔골재 흡수율의 약 18% 및 10%로 LDPEW 골재와 PPW 골재는 부순 잔골재와 비교하여 밀도와 흡수율 모두 작은 것으로 나타났다. 이는 일반적으로 낮은 플라스틱의 밀도(LDPE 0.96g/cm³, PP 0.90g/cm³)와 흡수율(LDPE 0.01 이하, PP 0.03 이하) 특성에 의한 것으로 판단된다. 한편, LDPEW 골재와 PPW 골재는 페플라스틱을 가열하여 얻어진 재생 연료로 일반적인 플라스틱보다 물성이 저하되어 밀도는 감소하고 흡수율은 증가하였으나, LDPEW 골재와 PPW 골재는 단일재질로 MPW

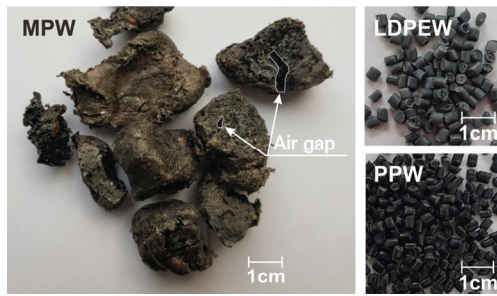


Fig. 1. Plastic waste aggregates

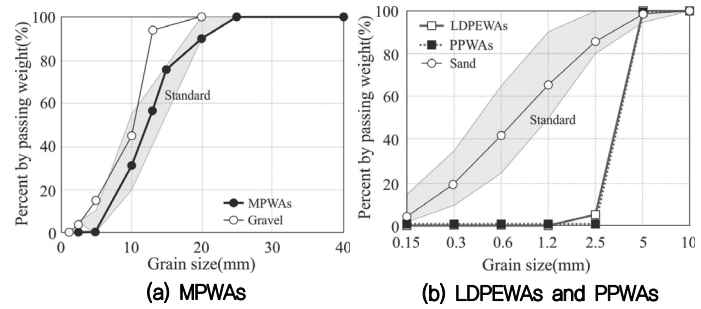


Fig. 2. Particle size distribution of plastic waste aggregates

골재보다 용융온도 제어가 용이하여 단면이 비교적 밀실하게 제조되었기 때문에 흡수율이 MPW 골재만큼 큰 폭으로 증가하지 않은 것으로 판단된다.

2.2 시험변수

폐플라스틱 골재가 콘크리트 특성에 미치는 영향을 평가하기 위하여, 폐플라스틱 골재 종류 및 치환율을 변화시켜 콘크리트의 기본 물성 평가를 실시하였다. 시험변수는 3종류의 폐플라스틱 골재(MPW 골재, LDPEW 골재, PPW 골재)에 대하여, 한 종류의 폐플라스틱 골재의 치환율 3수준(LDPEW 골재 및 PPW 골재의 잔골재 용적 대비 25%, 50% 및 75% 치환)과 두 종류의 폐플라스틱 골재의 치환율 1수준(MPW 골재의 굵은 골재 용적 대비 30% + PPW 골재의 잔골재 용적 대비 30%)으로 하였으며 이에 따른 콘크리트 배합은 Table 4와 같다. 한편, 기준 배합(Plain)의 경우 폐플라스틱 골재의 대량활용과 제품으로서 일정 수준의 강도를 확보하기 위하여 설계기준강도가 50MPa의 맨홀블록에 적용되는 배합군을 선정하여 배합을 실시하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 굳지 않은 콘크리트 특성

굳지 않은 콘크리트의 특성을 평가하기 위하여 슬럼프 플로, 공기량 및 응결특성을 측정하였다. 슬럼프 플로는 KS F 2594의 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 플로 시험방법에 준하여 측정하였으며 공기량은 KS F 2421의 압력법에 의한 굳지 않은 콘크리트의 공기량 시험방법에 준하여 측정하였다. 또한, 초결 및 종결 등의 응결특성은 KS F 2436의 관입 저항침에 의한 콘크리트의 응결시간 시험방법에 준하여 측정하였다. Fig. 3은 콘크리트의 슬럼프 플로, 공기량 및 응결특성 측정 전경을 나타낸다.



Fig. 3. Fresh concrete test

Table 4. Mix design of concrete

Specimen	Cement (kg/m ³)	Water (kg/m ³)	Fine aggregate(kg/m ³)			Coarse aggregate(kg/m ³)		Ad.	Plastic aggregate	
			Sand	LDPEWA	PPWA	Gravel	MPWA		Vol. ratio (%)	Unit weight (kg/m ³)
Plain	577	179	682	-	-	914	-	6.92	-	-
LDPEWA25			512	63	-	914	-		25	63
LDPEWA50			341	127	-	914	-		50	127
LDPEWA75			171	190	-	914	-		75	190
PPWA25			512	-	53	914	-		25	53
PPWA50			341	-	105	914	-		50	105
PPWA75			171	-	158	914	-		75	158
MPWA30+PPA30			409	-	84	548	124		30+30	208

2.3.2 밀도

콘크리트 밀도는 Fig. 4와 같이 KS F 2518의 석재의 흡수율 및 비중시험방법을 준용하여 시험체의 건조질량, 침수 후 표면 건조 포화 상태의 공시체 질량, 수중 질량을 측정하여 평가하였다.

2.3.3 강도

콘크리트 압축강도 및 휨강도는 KS S 2403의 콘크리트 강도 시험용 공시체 제작 방법에 따라 각각 $\Phi 100 \times 200$ mm의 원주형 공시체와 $100 \times 100 \times 400$ mm의 각주형 공시체를 제작하여 소정의 재령까지 수중양생($20 \pm 2^\circ\text{C}$)을 한 다음 Fig. 5와 같이 KS F 2405의 콘크리트의 압축강도 시험방법과 KS F 2408의 콘크리트의 휨강도 시험방법에 따라서 측정하였다.



Fig. 4. Density test



(a) Compression

(b) Flexure

Fig. 5. Strength test

3. 실험결과 및 고찰

3.1 균지 않은 콘크리트 특성

Table 6 및 Fig. 6(a)은 폐플라스틱 골재 종류 및 치환량에 따른 슬럼프 플로 측정 결과를 나타낸다. 폐플라스틱 골재 종류와 관계없이 폐플라스틱 골재를 치환하지 않은 Plain 시험체와 비교하여 폐플라스틱 혼입 콘크리트의 슬럼프 플로는 폐플라스틱 골재 치환량이 증가함에 따라 7% 정도 증가(LDPEWA25 시험체)하다가 감소하는 경향을 나타냈다.

한편, LDPEW 골재 및 PPW 골재를 치환한 시험체의 경우, 치환율 50% 이상에서 슬럼프 플로는 Plain 시험체 슬럼프 플로의 약 90% 이상을 나타냈으나, Fig. 6(b)와 같이 재료 분리 현상이 발생하였다. 반면에 폐플라스틱 골재 치환량이 가장 많은 MPWA30+PPWA30 시험체의 슬럼프 플로는 MPW 골재 공극의 영향(Silva and de Brito 2018)으로 505mm로 가장 작았으나 워커빌리티를 확보하기에는 충분한 정도였으며, 재료 분리 현상도 발생하지 않았다. 이는 Fig. 2와 같이 MPW 골재의 양호한 입도 분포로 MPWA30+PPWA30 시험체는 재료 분리 현상이 발생하지 않은 반면, LDPEW 골재 및 PPW 골재는 2.5~5mm의 균일한 크기의 입자로 구성되어 있어 폐플라스틱 골재의 치환량이 적지만 LDPEW 골재 및 PPW 골재를 잔골재의 체적 대비 50% 이상 치환한 시험체에서 재료 분리 현상이 발생한 것으로 판단된다.

Table 6 및 Fig. 7은 폐플라스틱 골재 종류 및 치환량에 따른 공기량 측정 결과를 나타낸다. 폐플라스틱 골재 종류와 관계없이 폐플라스틱 골재의 치환량이 증가함에 따라 콘크리트의 공기량은 폐플라스틱 골재를 치환하지 않은 Plain 시험체 대비 최대 32% 증가하는 경향을 나타냈으며, MPW 골재 및 PPW 골재를 치환한 MPWA30+PPWA30 시험체보다 LDPEW 골재 및 PPW 골재를 혼입한 시험체의 공기량이 적은 양의 폐플라스틱 골재 치환에도 더

Table 6. Test results

Specimen	Slump flow (mm)	Air content (%)	Setting time		Density (g/cm^3)	Compressive strength(MPa)		Flexural strength (MPa)
			First(min)	Final(hr)		7days	28days	
Plain	600	3.1	330	8.0	2.42	45.30	55.74	10.17
LDPEWA25	640	3.2	325	8.1	2.27	39.71	48.97	7.78
LDPEWA50	548	3.2	323	8.3	2.25	27.57	34.21	7.52
LDPEWA75	542	4.1	318	8.7	2.11	20.10	25.31	6.78
PPWA25	600	3.1	323	8.1	2.33	39.96	49.11	7.77
PPWA50	538	3.3	322	8.2	2.24	30.76	37.16	7.67
PPWA75	530	3.9	335	8.5	2.12	22.11	25.95	6.52
MPWA30+PPWA30	505	3.7	317	7.8	2.09	23.52	28.69	6.54

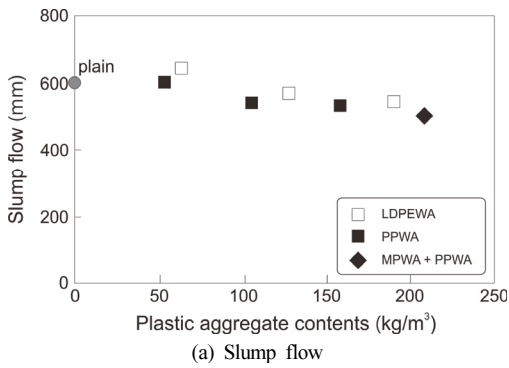


Fig. 6. Slump flow test results by types and contents of PWAs

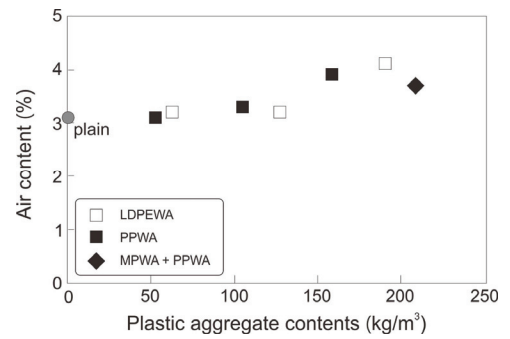


Fig. 7. Air content by types and contents of PWAs

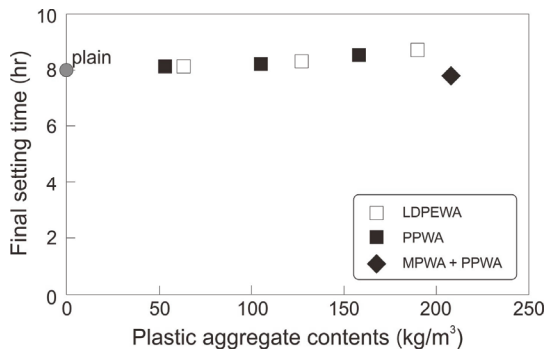


Fig. 8. Final setting time by types and contents of PWAs

많이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 MPW 골재와 달리 LDPEW 골재와 PPW 골재는 Fig. 1 및 Fig. 2와 같이 입형이 원통형이며 2.5~5mm의 단입자 분포로 이루어져 있기 때문으로 판단된다.

Table 6 및 Fig. 8은 페플라스틱 골재 종류 및 치환량에 따른 응결특성 측정 결과를 나타낸다. 페플라스틱 골재 종류와 관계없이 페플라스틱 골재를 치환하지 않은 Plain 시험체와 비교하여 페플라스틱 골재 치환량이 증가함에 따라 페플라스틱 혼입 콘크리트의 초결시간은 감소하는 경향을 나타냈다. 반면에, Plain 시험체와 비교하여 MPW 골재 및 PPW 골재를 혼입한 MPWA30+PPWA30 시험체의 종결시간은 감소하지만, LDPEW 골재 및 PPW 골재를 치환한 시험체는 페플라스틱 골재 치환량 증가에 따라 종결시간은 증가하는 것으로 나타났다. MPWA30+PPA30 시험체의 경우, MPW 골재의 높은 흡수율로 인하여 종결시간이 감소한 반면에, LDPEW 골재 및 PPW 골재는 플라스틱 자체의 소수성 및 낮은 흡수율로 골재 주변에 블리딩수가 위치(Saikia and de Brito 2012) 하게 되면서 종결시간이 증가한 것으로 판단된다.

3.2 밀도

페플라스틱 골재 종류와 관계없이 페플라스틱 골재가 혼입되지 않은 Plain 시험체와 비교하여 페플라스틱 골재 치환량이 증가함에 따라 페플라스틱 혼입 콘크리트의 밀도는 Table 6과 같이 Plain 시험체의 96%~86% 수준으로 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 Table 2와 같이 부순 굵은 골재 및 부순 잔골재 대비 페플라스틱 골재 자체의 낮은 밀도 때문으로 판단된다.

3.3 압축강도

Table 6 및 Fig. 9는 페플라스틱 골재 종류 및 치환량에 따른 재령별 압축강도 측정 결과를 나타낸다. 페플라스틱 골재의 치환량이 증가함에 따라 페플라스틱 골재를 혼입하지 않은 Plain 시험체 대비 콘크리트의 7일 및 28일 압축강도는 감소하는 경향을 나타냈다.

페플라스틱 골재 혼입으로 PPW 골재를 혼입한 PPWA 시험체의 압축강도는 Plain 시험체 압축강도의 88~49%(7일) 및 88~47%(28일)로 감소하였으며, LDPEW 골재를 혼입한 LDPEWA 시험체의 압축강도는 Plain 시험체 압축강도의 88~44%(7일) 및 88~45%(28일)로 감소하였다. 또한, MPW 골재와 PPW 골재를 혼입한 MPWA30+PPWA30 시험체의 압축강도는 Plain 시험체 압축강도의 52%(7일) 및 51%(28일)로 나타났다.

페플라스틱 골재의 혼입으로 인한 콘크리트 강도 저하는 부순 골재 대비 낮은 페플라스틱 골재의 강도(M. Batayneh et al., 2007), 소수성인 페플라스틱 골재의 물의 이동 제한에 따른 시멘트 수화반응 억제 및 페플라스틱 골재 주변에 위치하는 블리딩수로 인하여 저하되는 페플라스틱 골재와 시멘트 페이스트 사이의 부착력(Saikia and de Brito 2012)에 의한 것으로 판단된다.

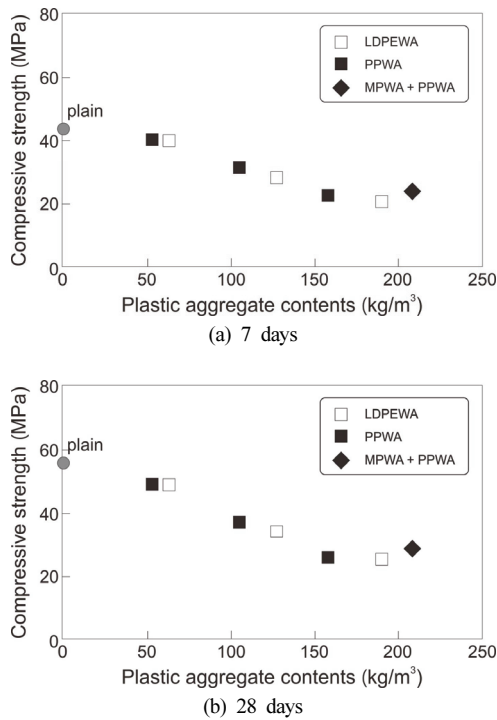


Fig. 9. Compressive strength by types and contents of PWAs

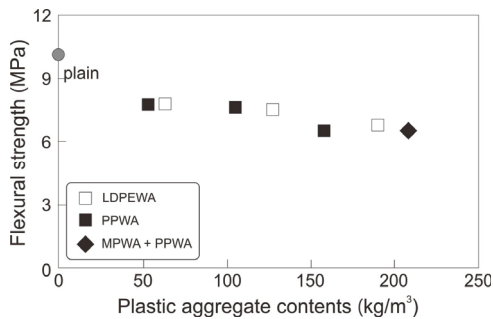


Fig. 10. Flexural strength by types and contents of PWAs

한편, 폐플라스틱 골재 치환량이 가장 많은 MPWA30+PPWA30 시험체의 7일 및 28일 압축강도가 MPWA30+PPWA30 시험체보다 폐플라스틱 골재 치환량이 적은 PPWA75 시험체 및 LDPEWA75 시험체의 압축강도보다 높은 것으로 나타났다. 이는 PPW 골재 및 LDPEW 골재와 달리 입도 분포가 양호한 MPW 골재를 치환함에 따라 폐플라스틱 골재치환량 대비 압축강도 작게 감소한 것으로 판단된다.

단일 폐플라스틱 골재를 혼입한 PPWA75 시험체와 LDPEWA75 시험체의 경우, 폐플라스틱 골재 혼입량이 많은 LDPEWA75 시험

체의 압축강도가 PPWA75 시험체의 압축강도와 유사한 수준인 것으로 나타났으며, 이는 Table 6과 같이 LDPEW75 시험체의 밀도가 PPWA75 시험체의 밀도와 유사하기 때문인 것으로 판단된다 (Saikia and de Brito 2012).

3.4 힘강도

Table 6 및 Fig. 10은 폐플라스틱 골재 종류 및 치환량에 따른 28일 힘강도 측정 결과를 나타낸다. 폐플라스틱 골재의 치환량이 증가함에 따라 폐플라스틱 골재를 혼입하지 않은 Plain 시험체 대비 콘크리트 힘강도는 감소하는 경향을 나타냈다.

폐플라스틱 골재 혼입으로 PPW 골재를 혼입한 PPWA 시험체의 힘강도는 Plain 시험체 힘강도의 76~64%로 감소하였으며, LDPEW 골재를 혼입한 LDPEWA 시험체의 힘강도는 Plain 시험체 힘강도의 76~67%로 감소하였다. 또한, MPW 골재와 PPW 골재를 혼입한 MPWA30+PPA30 시험체의 힘강도는 Plain 시험체 힘강도의 64%로 나타났다.

폐플라스틱 골재 혼입으로 인한 콘크리트 힘강도 저하는 압축강도와 마찬가지로 폐플라스틱 골재 자체의 낮은 강도, 소수성 폐플라스틱 골재의 시멘트 수화반응 억제, 폐플라스틱 골재와 시멘트 페이스트 사이의 낮은 부착력 등에 의한 것으로 판단된다.

한편, 폐플라스틱 골재 혼입으로 LDPEWA25 시험체 및 PPWA25 시험체의 힘강도는 Plain 시험체 힘강도의 76% 수준으로 급격하게 저하하였으나, 이후 폐플라스틱 골재 치환량이 증가함에 따라 압축강도와 비교하여 힘강도는 완만하게 저하하는 것으로 나타났으며, 이는 압축강도와 달리 힘강도는 시험체 하부에 발생하는 초기 균열에 지배되기 때문인 것으로 판단된다(Lee et al. 2019). 한편, 참고문헌(Batayneh et al. 2007)의 경우에서도, 폐플라스틱 골재 치환량 증가에 따라 콘크리트의 힘강도는 저하하나 압축강도만큼 큰 폭으로 저하하지는 않는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구는 복합재질 폐플라스틱의 콘크리트 재료로의 재활용 기술 개발을 위한 기초 연구로, 폐플라스틱 종류 및 치환율에 따른 콘크리트 특성 변화를 실험적으로 평가하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 폐플라스틱 골재 치환량이 증가함에 따라 콘크리트의 슬럼프 플로는 감소하는 경향을 나타냈다. 한편, MPWA30+PPA30

시험체의 경우, 페플라스틱 치환량은 가장 많았으나, 양호한 입도 분포의 MPW 골재 혼입으로 재료 분리 현상이 발생하지 않았으며, 슬럼프 플로우도 505mm로 워커빌리티를 확보하기에 충분한 수준이었다.

- 2) 페플라스틱 골재 치환량이 증가함에 따라 콘크리트의 공기량은 Plain 시험체와 비교하여 최대 32%까지 증가하는 경향을 나타냈다. 한편, LDPEW 골재 및 PPW 골재의 균일한 크기 입자 분포 및 원통형 입형으로 인하여 MPWA30+PPA30 시험체보다 적은 양의 페플라스틱 골재 치환에도 공기량이 더 많이 증가하는 것으로 나타났다.
- 3) 페플라스틱 골재 치환량이 증가함에 따라 콘크리트의 초결 시간은 감소하였으나, 콘크리트의 종결시간은 종결시간은 MPW30+PPA30 시험체는 감소한 반면, LDPEW 골재 및 PPW 골재를 치환한 시험체는 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 MPW 골재의 높은 흡수율과 LDPEW 골재 및 PPW 골재의 소수성으로 골재 주변에 위치한 블리딩수에 의한 영향인 것으로 판단된다.
- 4) 페플라스틱 골재 치환 콘크리트의 밀도는 부순 골재 대비 낮은 페플라스틱 골재의 밀도 영향으로 페플라스틱 골재 치환량이 증가함에 따라 Plain 시험체의 96%~86% 수준으로 감소하는 것으로 나타났다.
- 5) 페플라스틱 골재 자체의 낮은 강도, 소수성 페플라스틱 골재의 시멘트 수화반응 억제, 페플라스틱 골재와 시멘트 페이스트 사이의 낮은 부착력 등으로 페플라스틱 골재 치환량이 증가함에 따라 콘크리트의 7일 및 28일 압축강도는 감소하는 경향을 나타냈다. 한편, 페플라스틱 골재 치환량이 가장 많은 MPWA30+PPWA30 시험체의 7일 및 28일 압축강도가 PPWA75 시험체 및 LDPEWA75 시험체의 7일 및 28일 압축강도보다 높은 것으로 나타났으며, 이는 PPW 골재 및 LDPEW 골재와 달리 입도 분포가 양호한 MPW 골재의 혼입에 따른 결과로 판단된다.
- 6) 페플라스틱 골재 치환 콘크리트의 휨강도도 페플라스틱 골재 자체의 낮은 강도, 소수성 페플라스틱 골재의 시멘트 수화반응 억제, 페플라스틱 골재와 시멘트 페이스트 사이의 낮은 부착력 등으로 페플라스틱 골재 치환량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈다. 하지만, 압축강도와 달리 시험체 하부에 발생하는 균열에 지배되는 휨강도의 특성으로, 완만하게 강도가 저하하는 것으로 나타났다.

Conflicts of interest

None.

감사의 글

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 생활폐기물 재활용 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다. (No.2019002730002)

References

- Batayneh, M., Marie, I., Asi, I. (2007). Use of selected waste materials in concrete mixes, *Waste management*, **27(12)**, 1870–1876.
<http://www.plasticnet.kr/>
- Jacob-Vaillancourt, C., Sorelli, L. (2018). Characterization of concrete composites with recycled plastic aggregates from postconsumer material streams, *Construction and Building Materials*, **182**, 561–572.
- Korea Environment Corporation (2019). Waste Recycling Performance and Company Status as of 2018 [in Korean].
- Lee, H.S. (2018). Waste plastic generation and recycling status, *Korean social trends 2018*, Statistics Research Institute, 263–269 [in Korean].
- Lee, J., Kim, K.M., Cho, Y.K., Kim, H.K., Kim, Y.U. (2019). Characterization of cement mortar with plastic fine aggregates, *Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute*, **7(4)**, 383–388 [in Korean].
- Mercante, I., Alejandrino, C., Ojeda, J.P., Chini, J., Maroto, C., Fajardo, N. (2018). Mortar and concrete composites with recycled plastic: a review, *Science and Technology of Materials*, **30**, 69–79.
- Park, C.S. (2019). Recycled Pellets from Recycled Pellets using Waste Vinyl Development of Manufacturing Technology, Final report on Technology transfer and commercialization act of 2018 [in Korean].
- Ruiz-Herrero, J.L., Nieto, D.V., Lopez-Gil, A., Arranz, A., Fernandez, A., Lorenzana, A., Merino, S., De Saja J.A., Rodriguez-Prerez, M.A. (2016). Mechanical and thermal performance of concrete and mortar cellular materials containing plastic waste, *Construction and Building Materials*, **104**, 298–310.

- Saikia, N., de Brito, J. (2012). Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: a review, *Construction and Building Materials*, **34**, 385–401.
- Silva, R.V., de Brito, J. (2018). Plastic Wastes, Waste and Supplementary Cementitious Materials in Concrete, 199–227.

복합 폐플라스틱 골재 치환 콘크리트의 기초 물성 평가

플라스틱은 우수한 물성과 가공성 및 경제성으로 소비가 급증하고 있는 반면에, 분리, 선별이 제대로 이루어지고 있지 않아 재활용률이 저조한 실정이다. 특히, 생활폐기물 발생 폐플라스틱은 이물질과 혼합배출로 분리, 선별 공정 비용이 증가하여 재활용이 상대적으로 저조한 실정이다. 이에 본 연구는 생활폐기물 발생 복합 폐플라스틱을 콘크리트용 골재로 재활용하기 위한 기초 연구로 폐플라스틱 종류(복합재질 1종류 및 단일 재질 2종류) 및 치환율(잔골재 용적 대비 25%, 50% 및 75%)에 따른 콘크리트 특성 변화를 실험적으로 평가하였다. 복합재질의 폐플라스틱 굵은 골재는 양호한 입도 분포로 부순 굵은 골재 대비 밀도는 낮고 흡수율은 높은 것으로 나타났다. 반면에, 단일재질의 폐플라스틱 잔골재는 균일한 크기의 입자로 구성되었으며 부순 잔골재 대비 밀도와 흡수율 모두 낮은 것으로 나타났다. 복합재질 굵은 골재 치환 콘크리트는 가장 많은 폐플라스틱 치환량에도 양호한 입도 분포로 재료 분리 현상이 발생하지 않았으며, 공기량도 증가량도 적은 것으로 나타났다. 한편, 폐플라스틱 골재의 낮은 강도, 소수성으로 인한 시멘트 수화반응 억제, 폐플라스틱 골재와 시멘트 페이스트 사이의 낮은 부착력 등으로 폐플라스틱 골재 치환량이 증가함에 따라 콘크리트의 압축강도 및 휨강도는 감소하였으며, 입도 분포가 양호한 복합재질의 폐플라스틱 굵은 골재를 치환한 콘크리트의 압축강도 및 휨강도의 저하 정도가 상대적으로 작은 것으로 나타났다.