

# 무기충진재를 혼입한 복합 페플라스틱 골재를 활용한 콘크리트 압축강도 특성

## Compressive Strength Evaluation of Concrete with Mixed Plastic Waste Aggregates Filled with Blast Furnace Slag Fine Powder

이 준<sup>1</sup> · 김경민<sup>2\*</sup> · 조영근<sup>3</sup> · 김호규<sup>4</sup> · 김영욱<sup>5</sup>Jun Lee<sup>1</sup> · Kyung-Min Kim<sup>2\*</sup> · Young-Keun Cho<sup>3</sup> · Ho-Kyu Kim<sup>4</sup> · Young-Wook Kim<sup>5</sup>

(Received July 19, 2021 / Revised August 4, 2021 / Accepted August 4, 2021)

Plastic wastes generated from household waste are separated by mixed discharge with foreign substances, and recycling is relatively low. In this study, the effect of the ratio and content of mixed plastic waste coarse aggregate(MPWCA)s and mixed plastic waste fine aggregate(MPWFA)s filled with blast furnace slag fine powder on the slump and compressive strength of concrete was evaluated experimentally. The MPWCAs were found to have a similar fineness modulus, but have a single particle size distribution with a smaller particle size compared to coarse aggregates. However, the MPWFAs were found to have a single particle size distribution with a larger fineness modulus and particle size compared to fine aggregates. Meanwhile, the effect of improving the density and filling pores by the blast furnace slag fine powder was found to be greater in the MPWFA compared to the MPWCA. As the amount of the mixed plastic waste aggregate(MPWA)s increased, the slump and compressive strength of concrete decreased. In particular, the lower the slump and compressive strength of concrete was found to decrease the greater the amount of MPWFA than MPWCA when the amount of MPWA was the same. This is because of the entrapped air and voids formed under the angular- and ROD-shaped aggregates among the MPWFAs. On the other hand, the addition of the admixture and the increase in the unit amount of cement were found to be effective in improving the compressive strength of the concrete with MPWAs.

**키워드 :** 복합재질 페플라스틱, 무기충진재 혼입, 콘크리트, 재활용 골재**Keywords :** Mixed Plastic Waste, Filling of inorganic fillers, Concrete, Recycled aggregates

## 1. 서론

플라스틱 소비량 증가에 따라 생활계폐기물(생활폐기물 및 사업장생활계폐기물) 중 페플라스틱 포함 폐합성수지류의 일 평균 발생량도 2014년 6,038톤에서 2019년 11,014톤으로 82% 이상 급격하게 증가(Ministry of Environment 2020)하였다. 하지만 2019년 기준 생활폐기물 중 폐합성수지의 재활용 실적은 전체의 6.9%, 사업장일반폐기물 중 폐합성고분자화합물의 재활용 실적은 전체의 12%에 불과할 정도(KECO 2020)로 페플라스틱의 재활용은 저

조한 실정이다. 이는 생활계폐기물 중 페플라스틱은 이물질이 많고 다양한 종류의 플라스틱이 섞여 배출되어 분리, 선별 공정 비용이 증가하기 때문으로, 이에 따라 생활폐기물 중 페플라스틱 관련 재활용 기술도 비교적 재활용이 쉬운 고체연료 제조기술, 유화기술, 건설재료 제조기술 순으로 이루어지고 있다.

한편, 페플라스틱을 콘크리트용 골재로 재활용한 연구의 대부분은 단일재질의 페플라스틱을 콘크리트용 잔골재로 활용한 것으로, 복합재질의 페플라스틱을 재활용하거나 콘크리트용 굵은골재로 재활용한 연구는 제한적이다.

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

<sup>1</sup>(재)한국건설생활환경시험연구원 대전충남지원 수석연구원 (Daejeon & Chungnam Branch, KCL, Daejeon, 34113, Korea)<sup>2</sup>(재)한국건설생활환경시험연구원 건설기술연구센터 책임연구원 (Construction Technology Research Center, KCL, Seoul, 08503, Korea)<sup>3</sup>(재)한국건설생활환경시험연구원 건설기술연구센터 수석연구원 (Construction Technology Research Center, KCL, Seoul, 08503, Korea)<sup>4</sup>(재)한국건설생활환경시험연구원 건설재료센터 책임연구원 (Construction Material Center, KCL, Seoul, 08503, Korea)<sup>5</sup>(재)한국건설생활환경시험연구원 대전충남지원 선임연구원 (Daejeon & Chungnam Branch, KCL, Daejeon, 34113, Korea)

Copyright © 2021 by Korean Recycled Construction Resources Institute

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

Vaillancourt and Sorell(2018)에 따르면 복합재질 폐플라스틱 잔골재 투입으로 콘크리트의 압축강도는 47%, 탄성계수는 32%까지 저하(잔골재 체적의 20%를 복합재질 폐플라스틱 잔골재로 대체)하는 것으로 나타났다. 또한, 복합재질 폐플라스틱 잔골재 투입 콘크리트의 압축강도 및 탄성계수는 단일재질 폐플라스틱 잔골재 투입 콘크리트와 비교하여 단일재질 폐플라스틱의 종류에 따라 감소하거나 커지는 것으로 나타났다. 이에 본 연구는 복합재질 폐플라스틱을 토목구조물 콘크리트용 골재로 재활용하기 위한 기초 연구로, 특히, 복합재질 폐플라스틱 골재를 중량의 토목구조물 제조용 콘크리트에 적용하기 위하여 사전에 고로슬래그 미분말 혼입을 통하여 플라스틱의 낮은 밀도를 개선하였으며, 고로슬래그 미분말을 혼입한 복합재질 폐플라스틱 잔골재 및 굵은골재의 투입 비율 및 투입량이 콘크리트의 슬럼프 및 압축강도에 미치는 영향을 실험적으로 평가하였다.

## 2. 실험계획

### 2.1 사용재료

#### 2.1.1 시멘트, 골재

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

#### 2.1.2 혼화제

콘크리트의 워커빌리티 개선을 위하여 고성능 AE 감수제를 시멘트 질량의 1% 정도로 사용하였으며, 혼화제의 특성은 Table 3과 같다.

#### 2.1.3 폐플라스틱 골재

복합재질 폐플라스틱 골재(Mixed Plastic Waste Aggregates, MPWA)는 다양한 종류의 플라스틱이 섞여 배출된 생활계폐기물 발생 폐플라스틱 원료를 재질별로 분리 및 선별하지 않고 함께 녹여 가공원료를 제조한 후, 압출성형 설비를 이용하여 연속적으로 선상의 성형품을 생산(Fig. 1 참조)하고 일정 크기로 절단하여 제조하였다. 한편, 부순 골재 대비 낮은 MPWA의 밀도를 높이기 위하여 압출성형 전에 복합재질 폐플라스틱 가공원료와 함께 무기충진재(고로슬래그 미분말)를 복합재질 폐플라스틱 가공원료 부

Table 1. Properties of cement

Chemical composition(%)						Fineness (cm <sup>2</sup> /g)	Density (g/cm <sup>3</sup> )
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>		
19.3	4.71	2.96	61.8	3.74	2.53	3,510	3.15

Table 2. Physical properties of aggregates

Aggregate	Fineness modulus	Absorption rate (%)	Density (g/cm <sup>3</sup> )
Gravel	6.78	0.9	2.66
Sand	2.35	2.2	2.06
MPWA	MPWCA	6.99	0.6
	MPWFA	4.97	3.0
MPWA without filling with blast furnace slag fine powder	6.78	9.2	0.88

Table 3. Properties of admixtures

Type	Color	Density(g/cm <sup>3</sup> )	pH
AE	Light brown	1.05	7

피와 동일하게 투입하였다(Kim et al, 2021).

또한, Fig. 1과 같은 압출성형 설비 선단의 노즐 직경을 10mm 및 4mm로 달리하여 Fig. 2와 같은 복합재질 폐플라스틱 굵은골재 (Mixed Plastic Waste Coarse Aggregates, MPWCA) 및 잔골재 (Mixed Plastic Waste Fine Aggregates, MPWFA)를 제조하였으며, MPWCA 및 MPWFA의 품질은 KS F 2527의 콘크리트용 골재에 준하여 평가하였다.

Table 2 및 Fig. 3은 MPWCA 및 MPWFA의 품질평가 결과를 나타낸다. MPWCA는 부순 굵은골재와 비교하여 조립률은 유사하나, 입자 크기가 작으며, 단입도 분포인 것으로 나타났다. 또한, MPWCA는 부순 굵은골재와 비교하여 밀도는 60% 수준, 흡수율은 67% 수준이지만, 무기충진재를 혼입하지 않은 MPWA(Lee et al, 2020)와 비교하여 밀도는 1.8배 이상이며, 흡수율은 7%에 불과하여 고로슬래그 미분말 충진으로 플라스틱 자체의 낮은 밀도 특성 및 복합재질 폐플라스틱의 가공 공정 중 용융 온도 제어 어려움으로 인한 공극 발생이 개선된 것으로 판단된다.

MPWFA는 부순 잔골재와 비교하여 조립률(2.1배 이상)과 입자 크기가 크며, 단입도 분포인 것으로 나타났다. 또한, MPWFA는 부순 잔골재와 비교하여 밀도는 67%, 흡수율은 136% 수준인 것으로 나타났으며, MPWCA 보다는 고로슬래그 미분말 충진으로 인한 밀도 및 공극 충진 효과가 작은 것으로 나타났다.

한편, MPWCA가 MPWFA 보다 밀도는 크고 흡수율은 작은 것

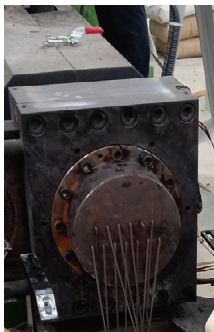


Fig. 1. Extruder head

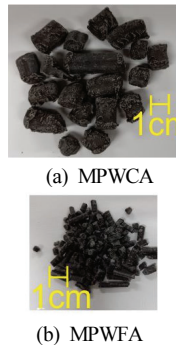


Fig. 2. MPWAs shapes

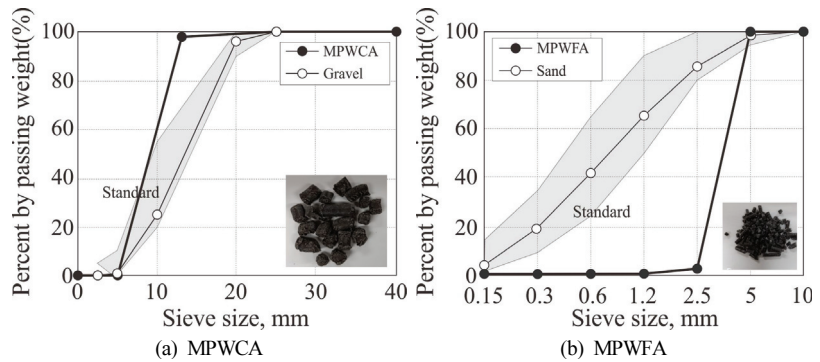


Fig. 3. Particle size distribution of MPWAs



(a) MPWFA contents=400kg/m<sup>3</sup> (b) MPWFA contents=600kg/m<sup>3</sup>

Fig. 4. Section of mortar with MPWFA

으로 나타나, MPWFA보다 MPWCA가 고로슬래그 미분말의 공극 충전 효과가 큰 것으로 나타났다.

한편, Fig. 4는 MPWFA 투입 모르타르의 힘강도(재령 7일) 측정 후의 공시체 단면 모습을 나타낸다. 공시체 단면에 LPWFA가 비교적 균일하게 분포하는 것으로 나타나, LPWFA 투입으로 인한 재료 분리는 일어나지 않은 것으로 판단된다.

## 2.2 시험변수

MPWA가 콘크리트 강도에 미치는 영향을 평가하기 위하여, 복합재질 폐플라스틱 잔골재 및 굵은골재의 투입 비율 및 투입량에 따른 콘크리트 슬럼프 및 압축강도 변화를 평가하였다. 또한, MPWA의 대량 혼입에 따른 콘크리트 성능저하 문제를 해결하기 위하여 단위 시멘트량 및 혼화제의 첨가량 변화에 따른 콘크리트의 슬럼프 및 압축강도 특성을 평가하였다.

이에 따라 시험변수는 MPWA의 단위 체적당 투입량 4수준 (0kg/m<sup>3</sup>, 200kg/m<sup>3</sup>, 400kg/m<sup>3</sup>, 600kg/m<sup>3</sup>), 동일 MPWA 투입량에서의 MPWFA 및 MPWCA의 투입 비율 2수준(7:3, 5:5), 단위 시멘트 투입량 2수준(450kg/m<sup>3</sup>, 600kg/m<sup>3</sup>) 및 혼화제 투입유무로 설정하였으며, 시험변수에 따른 콘크리트 배합은 Table 4와 같다.

Table 4. Mix design of concrete

Specimen	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	Water (kg/m <sup>3</sup> )	W/C (%)	Fine aggregate(kg/m <sup>3</sup> )		Coarse aggregate(kg/m <sup>3</sup> )		Ad. (kg/m <sup>3</sup> )	MPWA (kg/m <sup>3</sup> )
				Sand	MPWFA	Gravel	MPWCA		
MPWA0_7:3_C450_A0.03	450	113	25	799	-	938	-	0.135	-
MPWA0_5:5_C450_A0.0	450	162	36	742	-	781	-	-	-
MPWA0_5:5_C600_A1.0	600	132	22	928	-	1,093	-	6	-
MPWA200_7:3_C450_A0.0	450	158	35	528	140	788	60	-	200
MPWA400_7:3_C450_A0.0	450	153	34	314	280	705	120	-	400
MPWA600_7:3_C450_A0.0	450	149	33	101	420	623	180	-	600
MPWA200_5:5_C450_A0.0	450	158	35	591	100	729	100	-	200
MPWA200_5:5_C450_A1.0	450	104	23	658	100	808	100	4.5	200
MPWA200_5:5_C600_A1.0	600	138	23	585	100	699	100	6	400
MPWA400_5:5_C450_A0.0	450	153	34	440	200	587	200	-	400
MPWA400_5:5_C450_A1.0	450	99	22	497	200	654	200	4.5	400
MPWA400_5:5_C600_A1.0	600	132	22	402	200	543	200	6	400
MPWA600_5:5_C450_A0.0	450	149	33	289	300	445	300	-	600

\* Specimen name : (MPWA input per unit volume)\_(Input rate of MPWFA:MPWCA)\_(Cement input per unit volume)\_(Admixture input ratio to cement)

## 2.3 실험방법

### 2.3.1 슬럼프

콘크리트 공시체의 슬럼프는 Fig. 5와 같이 KS F 2404의 콘크리트의 슬럼프 시험방법에 따라서 측정하였다.

### 2.3.2 압축강도

콘크리트 공시체의 압축강도는 KS S 2403의 콘크리트 강도 시험용 공시체 제작 방법에 따라  $\phi 100 \times 200$ mm의 원주형 공시체를 제작하여 소정의 재령까지 수중양생( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ) 한 다음 Fig. 6과 같이 KS F 2405의 콘크리트의 압축강도 시험방법에 따라서 측정하였다.



Fig. 5. Slump test



Fig. 6. Compressive strength test

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 슬럼프

Fig. 7 및 Table 5는 MPWA의 단위 체적당 투입량, MPWCA와 MPWFA의 투입 비율, 단위 시멘트 투입량 및 혼화제 투입유무에 따른 슬럼프 측정 결과를 나타낸다.

단위 시멘트 투입량  $450\text{kg}/\text{m}^3$ 인 시험체의 경우, 슬럼프는 75mm 이하이며, MPWCA와 MPWFA의 투입 비율 및 혼화제 투입 유무와 관계없이 단위 체적당 MPWA 투입량이 증가할수록 MPWA를 투입하지 않은 시험체 대비 슬럼프가 감소하는 경향(80%~22%)을 나타냈으며, 단위 체적당 MPWA 투입량이 동일한 경우, MPWCA 보다 MPWFA 투입량이 많을수록 시험체 슬럼프가 작아지는 것으로 나타났다. 이는 MPWFA가 구형보다는 각형에 가까운 형태이며, 또한, Fig. 8과 같이 편평도가 크고 신장률이 낮은 ROD 형상의 골재가 다수 포함되어, 바인더와의 접촉면에서 마찰이 증가 (Sheelan and Nahla 2019)하였으며, MPWA 하부에 공기가 갇혔기

Table 5. Test results

Specimen	Slump (mm)	Compressive strength(MPa)	
		7days	28days
MPWA0_7:3_C450_A0.03	45	41.5	48.1
MPWA0_5:5_C450_A0.0	75	34.1	42.1
MPWA0_5:5_C600_A1.0	220	53.5	58.3
MPWA200_7:3_C450_A0.0	30	18.4	21.7
MPWA400_7:3_C450_A0.0	20	13.8	15.1
MPWA600_7:3_C450_A0.0	10	9.4	7.9
MPWA200_5:5_C450_A0.0	40	20.9	23.9
MPWA200_5:5_C450_A1.0	60	24.5	27.4
MPWA200_5:5_C600_A1.0	240	34.0	36.3
MPWA400_5:5_C450_A0.0	30	14.5	16.5
MPWA400_5:5_C450_A1.0	18	18.7	20.0
MPWA400_5:5_C600_A1.0	220	24.6	23.6
MPWA600_5:5_C450_A0.0	15	12.5	13.5

때문(Neville and Brooks 1987; Strzalkiwski and Garbalinska 2020)으로 판단된다.

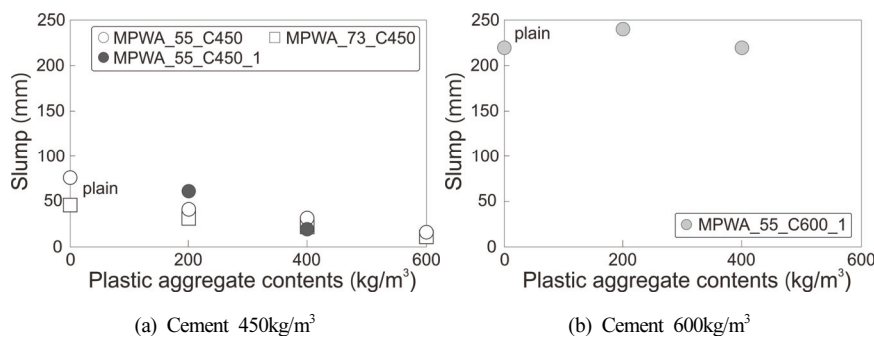


Fig. 7. Slump by content and rate of MPWCA and MPWFA

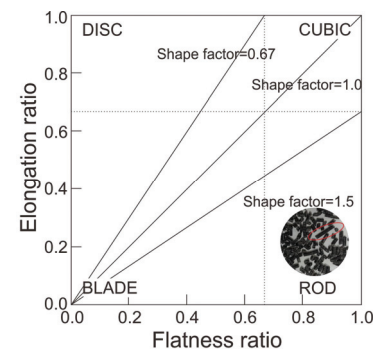


Fig. 8. Classification of aggregate shape

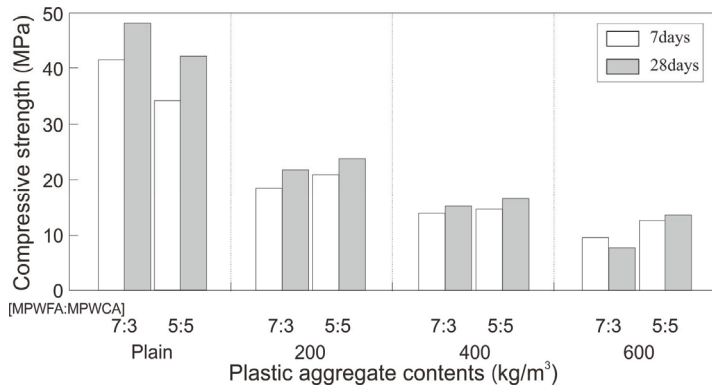


Fig. 9. Compressive strength by content and rate of MPWCA and MPWFA

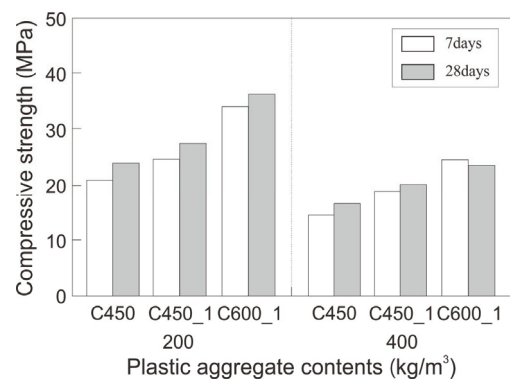


Fig. 10. Compressive strength by content of cement and admixtures

또한, 단위 시멘트 투입량이 450kg/m<sup>3</sup>이고 MPWFA와 MPWCA 투입 비율이 5:5인 경우, MPWA 투입량 200kg/m<sup>3</sup> 수준에서 혼화제 미투입 시험체보다 물-시멘트비가 낮은 혼화제 투입 시험체의 슬럼프가 1.5배 정도 커지는 것으로 나타났다. 반면에, MPWA 투입량 400kg/m<sup>3</sup> 수준에서는 혼화제 투입으로 슬럼프가 0.6배 감소(12mm)하는 것으로 나타나, 혼화제 첨가가 MPWA 투입 콘크리트의 슬럼프에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 추가 검토가 필요할 것으로 판단된다.

한편, 단위 시멘트 투입량 600kg/m<sup>3</sup>에 혼화제를 투입한 시험체의 슬럼프는 220mm 이상인 것으로 나타났다.

### 3.2 압축강도

#### 3.2.1 복합재질 페플라스틱 골재 투입량에 의한 영향

Table 5 및 Fig. 9는 MPWA의 단위 체적당 투입량과 MPWCA와 MPWFA의 투입 비율에 따른 재령별 압축강도 측정 결과를 나타낸다. MPWCA와 MPWFA의 투입 비율에 상관없이 단위 체적당 MPWA 투입량이 증가할수록 MPWA를 투입하지 않은 시험체 대비 콘크리트의 7일 및 28일 압축강도는 감소하는 경향을 나타냈다.

MPWA 투입으로 MPWCA와 MPWFA를 5:5의 비율로 투입한 시험체의 압축강도는 MPWA를 투입하지 않은 시험체 압축강도의 61~37%(7일) 및 57~32%(28일) 수준으로 감소하였으며, MPWFA와 MPWCA를 7:3의 비율로 투입한 시험체의 압축강도는 MPWA를 투입하지 않은 시험체 압축강도의 44~23%(7일) 및 45~16%(28일) 수준으로 감소하였다.

MPWA 투입으로 인한 콘크리트 압축강도 저하는 부순 골재 대비 낮은 MPWA 강도(Batayneh et al. 2007), 소수성 MPWA의 물 이동 제한에 따른 시멘트 수화반응 억제 및 MPWA 주변에 위치하

는 블리딩수로 인한 MPWA와 시멘트 페이스트 사이의 부착력 저하(Saikia and Brito 2012) 등에 의한 것으로 판단된다.

#### 3.2.2 복합재질 페플라스틱 골재 종류에 의한 영향

단위 체적당 동일한 양의 MPWA를 투입한 경우, MPWFA와 MPWCA를 7:3의 비율로 투입한 시험체의 압축강도는 MPWFA와 MPWCA를 5:5의 비율로 투입한 시험체의 압축강도보다 7일 강도는 75%~95%, 28일 강도는 59%~92% 수준으로 작아지는 것으로 나타났으며, MPWA를 투입하지 않은 시험체 압축강도에 대한 비율도 작아지는 것으로 나타났다.

즉, 단위 체적당 동일한 양의 MPWA를 투입한 경우, MPWCA보다 MPWFA의 투입량이 많을수록 콘크리트의 압축강도가 작아질 뿐만 아니라, MPWA를 투입하지 않은 시험체 대비 압축강도 저하율도 커지는 것으로 나타났다. 이는 MPWFA가 구형보다는 각형에 가까운 형태이며, 또한 ROD 형상 골재도 다수 포함되어, 날카로운 모서리와 골재 하부에 갇힌 공기에 의한 영향으로 판단된다 (Strzalkowski and Garbalinska 2020).

#### 3.2.3 시멘트 투입량 및 혼화제 투입량에 의한 영향

Table 5 및 Fig. 10은 MPWCA와 MPWFA의 투입 비율은 5:5로 고정한 상태에서의 MPWA 투입량, 단위 시멘트 투입량 및 혼화제 투입유무에 따른 재령별 압축강도 측정 결과를 나타낸다.

단위 시멘트량 450kg/m<sup>3</sup>인 시험체의 경우, 혼화제 투입으로 시험체의 7일 및 28일 압축강도가 단위 체적당 MPWA 투입량 200kg 수준에서는 1.17배 및 1.15배, 단위 체적당 MPWA 투입량 400kg 수준에서는 1.29배 및 1.21배로 증가하는 것으로 나타났다. 이는, 낮은 물시멘트비와 혼화제 투입에 따른 일부 유동성 개선으로 시험체가 밀실하게 제조됐기 때문으로 판단된다.

한편, 단위 시멘트량이 450kg/m<sup>3</sup>에서 600kg/m<sup>3</sup>으로 증가함에 따라 MPWA 투입 시험체의 7일 및 28일 압축강도는 단위 체적당 MPWA 투입량 200kg 수준에서는 1.39배 및 1.32배, 단위 체적당 MPWA 투입량 400kg 수준에서는 1.32배 및 1.18배 증가하여, 단위 시멘트량 증가는 MPWA 투입으로 저하하는 콘크리트 압축강도 증진에 효과적이며, MPWA 투입량이 적을수록 단위 시멘트량에 의한 콘크리트 압축강도 증진 효과가 커지는 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

본 연구는 MPWA를 콘크리트용 골재로 재활용하기 위한 기초 연구로, MPWFA 및 MPWCA의 투입 비율 및 투입량이 콘크리트의 슬럼프 및 압축강도에 미치는 영향을 실험적으로 평가하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) MPWCA는 부순 굵은골재와 조립물은 유사하나, 입자 크기가 작은 단입도 분포를 나타냈으며, 부순 굵은골재 대비 밀도는 60%, 흡수율은 67% 수준이며, 고로슬래그 미분말 충전으로 밀도 및 흡수율이 일부 개선된 것으로 나타났다.
- 2) MPWFA는 부순 잔골재보다 조립물 및 입자 크기가 큰 단입도 분포를 나타냈으며, 부순 잔골재 대비 밀도는 67%, 흡수율은 136% 수준인 것으로 나타났다.
- 3) 단위 시멘트 투입량 450kg/m<sup>3</sup>인 시험체의 슬럼프는 75mm 이하로, MPWA 투입량이 증가할수록 슬럼프는 감소하였으며, MPWCA 보다 MPWFA 투입량이 많을수록 슬럼프가 작아지는 것으로 나타났다. 이는 MPWFA가 각형에 가까운 형태이며, ROD 형상의 골재가 다수 포함되어 바인더와의 접촉 면에서 마찰이 증가하고 골재 하부에 공기가 갇혔기 때문으로 판단된다. 한편, 혼화제 첨가에 따른 MPWA 투입 시험체의 슬럼프 변화는 뚜렷한 경향이 나타나지 않아, 혼화제 첨가가 MPWA 투입 콘크리트의 슬럼프에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 추가 검토가 필요할 것으로 판단된다.
- 4) MPWA 자체의 낮은 강도, 소수성 MPWA의 시멘트 수화반응 억제, MPWA와 시멘트 페이스트 사이의 낮은 부착력 등으로 MPWA 투입량이 증가함에 따라 MPWA 투입 콘크리트의 7일 및 28일 압축강도는 MPWA를 투입하지 않은 시험체와 비교하여 감소하는 것으로 나타났다.
- 5) MPWA 중 MPWFA의 투입량이 많을수록 압축강도는 작아지고, MPWA 투입에 따른 압축강도 저하율도 커지는 것으로 나타났으며, 이는 각형 및 ROD 형상의 MPWFA 모서리와 하부에 형성된 다량의 공극에 의한 영향으로 판단된다.

6) 혼화제 투입 및 단위 시멘트량 증대로 MPWA 투입 콘크리트의 7일 및 28일 압축강도가 증가하는 것으로 나타났으며, 혼화제 투입에 따른 콘크리트 유동성 개선 및 밀실도 향상으로 인한 압축강도 증진 효과는 MPWA 투입량이 많을수록, 단위 시멘트량 증대에 따른 압축강도 증진 효과는 MPWA 투입량이 적을수록 커지는 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**, 1870–1876.

Kim, K.M., Cho, Y.K., Kim, H.K. (2021). Filling of inorganic fillers for mass utilization of waste plastic fine aggregates, *Magazine of RCR*, **16(1)**, 8–11 [in Korean].

Korea Environment Corporation (2020). *Waste Recycling Performance and Company Status(2019)* [in Korean]

Lee, J., Kim, K.M., Cho, Y. K., Kim, H. K., Kim, Y.U. (2020). Characterization of concrete composites with mixed plastic waste aggregates, *Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute*, **8(3)**, 317–324 [in Korean].

Ministry of Environment, Korea Environment Corporation (2020). *National Waste Generation and Treatment Status (2019)*, 1–1640 [in Korean].

Neville, A.M., Brooks, J.J. (1987). *Concrete Technology*, 2nd ed., Longman Scientific & Technical, England.

Saikia, N., Brito, J.D. (2012). Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: a review, *Construction and Building Materials*, **34**, 385–401.

Sheelan, M.H., Nahla, N.H. (2019). Fresh properties of containing plastic aggregate, *Use pf recycled plastics in eco-efficient concrete*, Elsevier, 85–114.

Strzalkowski, J., Garbalinska, H. (2020). The effect of aggregate

shape on the properties of concretes with silica fume, *Materials*, **13**(12), 2780.  
Vaillancourt, C.J., Sorell, L. (2018). Characterization of concrete

composites with recycled plastic aggregates from postconsumer material streams, *Construction and Building Materials*, **182**, 561–572.

### 무기충진재를 혼입한 복합 폐플라스틱 골재를 활용한 콘크리트 압축강도 특성

플라스틱은 소비량 증가에 따라 생활계폐기물 중 폐플라스틱의 발생량도 급격히 증가하고 있으나, 분리, 선별 공정 비용 증가 등으로 재활용은 저조한 실정이다. 이에 본 연구는 생활계폐기물 발생 복합재질 폐플라스틱을 콘크리트용 골재로 재활용하기 위한 기초 연구로 고로슬래그 미분말을 충전한 복합재질 폐플라스틱 잔골재 및 굵은골재의 투입 비율 및 투입량이 콘크리트의 슬럼프 및 압축강도에 미치는 영향을 실험적으로 평가하였다. 복합재질 폐플라스틱 굵은골재는 부순 굵은골재 대비 조립률은 유사하나, 입자 크기가 작은 단입도 분포인 반면에, 복합재질 폐플라스틱 잔골재는 부순 잔골재 대비 조립률 및 입자 크기가 큰 단입도 분포인 것으로 나타났으며, 고로슬래그 미분말에 의한 밀도 및 공극 충전에 의한 흡수율 향상 효과는 복합재질 굵은골재 대비 복합재질 잔골재가 큰 것으로 나타났다. 복합재질 폐플라스틱 골재의 투입량이 증가할수록 콘크리트의 슬럼프와 압축강도는 감소하였다. 특히, 동일한 양의 복합재질 폐플라스틱 골재 투입 수준에서 복합재질 폐플라스틱 잔골재의 투입량이 많을수록 슬럼프와 압축강도는 작아지는 것으로 나타났으며, 이는 복합재질 폐플라스틱 잔골재 중 ROD 형상의 골재 하부에 공기가 갇히면서 형성된 공극에 의한 것으로 판단된다. 한편, 혼화제 투입 및 단위 시멘트량 증대는 복합재질 폐플라스틱 골재 투입 콘크리트의 압축강도 향상에는 효과가 있는 것으로 나타났다.