

폐PET 병을 잔골재로 재활용 위한 기술

Technology for recycling waste polyethylene terephthalate bottles as fine aggregates



김용직 Yong-jic Kim
 (주) 대우건설 기술연구원 융합기술연구팀
 책임연구원
 E-mail : yongjic.kim@daewooenc.com

1. 서론

전 세계적으로 취급이 용이한 PET병의 활용이 증가하고 있으며, 사용 후 폐기되는 PET병의 재사용에 관한 관심도 함께 증가하고 있다. 현재 일부 폐기된 PET병을 이용하여 섬유제품 등으로 활용되고 있으나, 경제적이며 대량으로 사용할 수 있는 적용처가 필요하다. 국내의 폐기물 관리정책은 환경부가 주도하며 매년 전국폐기물 발생 및 처리 현황에 대한 통계를 조사하여 제공하고 있다. 2015년도 한국의 플라스틱 폐기물발생량은 690만 톤으로 전년과 비교하여 51만 톤 증가하였다. 이 기간 동안의 연평균 증가율은 약 6.4% 였다. 한편, 플라스틱 폐기물의 재활용 처리현황을 살펴보면 2011년도부터 2015년도까지 연평균 2.7% 정도 점진적으로 증가하였으며, 특히 2015년도 플라스틱 폐기물은 전년도와 비교하여 7.4% 증가한 411만 톤이 재활용되었고, 244만 톤은 소각 및 34만 톤은 매립에 의한 방법으로 처리되었다. PET병의 재활용률을 살펴보면 2012년부터 2015년까지 80% 중반을 유지하였으나 2015년 78.2%, 2016년 80.5%로 재활용률이 다소 감소하는 추세를 보여 주고 있다(플라스틱코리아, 2017). 국내는 2020년 5월에 자원순환기본법이 시행되었다. 따라서 재활용 가능한 PET병을 콘크리트의 원자재인 잔골재로 활용한다면 폐 PET 병의 재활용률을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

2. 폐 PET병을 활용한 잔골재(WPLA) 제조

폐 PET병을 활용한 잔골재(WPLA) 제조는 <그림 1>과 같다. 제조 순서는 폐 PET병을 5~10 mm 범위의 사각형 형태로 절단하고 폐 PET병 중량의 15% 정도의 잔골재를 함께 혼합기에 투입 후 온도를 250도로 유지하고 30~50 rpm으로 최소 5분 이상 회전시켜 제조한 후 공냉 방식으로 냉각 후 0.15 mm 체로 분리하는 단계를 거쳐 제조한다. <그림 2>는 제조된 골재의 입형을 나타낸 것이다.

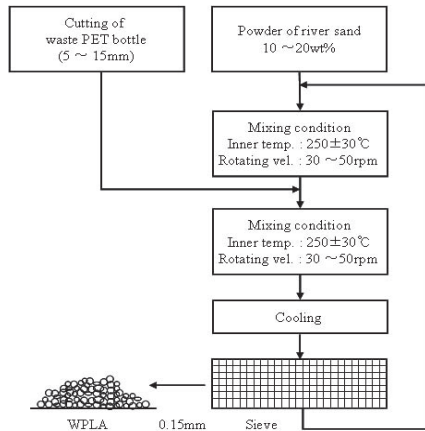


그림 1. 폐 PET를 활용한 잔골재 제조 순서



그림 2. WPLA의 입형

[표 1] 골재의 물리적 특성

Items	Density (g/cm ³)	Absorption (%)	F.M.	Bulk density (cm ² /g)	Percentage of solids (%)
Natural sand	2.60	1.82	2.90	1,677	64.5
WPLA	1.39	0.00	4.11	844	60.7

3. 폐 PET를 활용한 잔골재(WPLA)의 품질

[표 1]은 골재의 물리적 특성을 정리한 것이다. [표 1]에서 폐 PET병으로 제조한 잔골재의 품질 실험결과 밀도는 1.39 g/cm³로서 강모래와 비교하여 47% 작고 JIS A 5002의 경량 골재 절건밀도(1.3~1.8 g/cm³) 규정을 만족하고 있었다. 일반적인 경량골재의 흡수율은 5~10%로 알려져 있다. WPLA의 흡수율은 내부조직이 유기질 계통의 고분자 재료인 PET로 구성되어 있기 때문에 0%로 나타났다. 단위중량은 844로 나타났다. 제조시 단일입도로 제조되었기 때문에 FM이 4.11로서 일반 잔골재보다 큰 값을 보였다. 이는 골재 제조시 폐 PET 병 조각을 5~15mm 크기로 절단하여 WPLA를 제조하였기 때문이다. 콘크리트용 잔골재로 활용하기 위해서는 기준에 적합한 입도를 가져야한다. 이를 위해서는 폐 PET 병 조각의 크기를 좀더 작게 분쇄하거나 강모래와 적절히 조합하여 사용하는 것이 적합할 것으로 사료된다. <그림 3>은 WPLA의 입도를 조정하기 위하여 WPLA를 강모래에 0, 25, 50 및 70% 대체하여 입도분포를 정리한 것이다. 그 결과 WPLA를 25

% 대체한 경우 표준입도 분포를 만족하였고, 50% 대체한 경우는 표준입도 분포에 근접하는 결과를 보였다. <그림 4>는 모르타르의 flow 시험결과를 정리한 것이다. 폐 PET로 제조한 잔골재를 일반 잔골재로 일부 대체한 모르타르 시험결과 폐 PET로 제조한 잔골재의 혼합률이 증가함에 따라 flow는 증가하였다. <그림 5>는 모르타르의 재령별 압축강도 시험결과를 정리한 것이다. WPLA의 대체율이 증가함에 따라서 재령별 압축강도는 비례적으로 감소하였다. 그리고 단위면적당 수분 흡수량을 정리한 것이 <그림 6>이다. 그 결과 WPLA의 대체율이 40 및 60% 에서 WPLA를 혼합하지 않은 모르타르보다 큰 값을 보였다.

4. 결론

폐 PET병으로 제조한 잔골재의 품질 검토 결과 밀도는 1.39 g/cm³로서 강모래와 비교하여 약 47% 작았으며, 흡수율은 0%로서 흡수율이 큰 일반 경량골재의 단점을 보완할 수

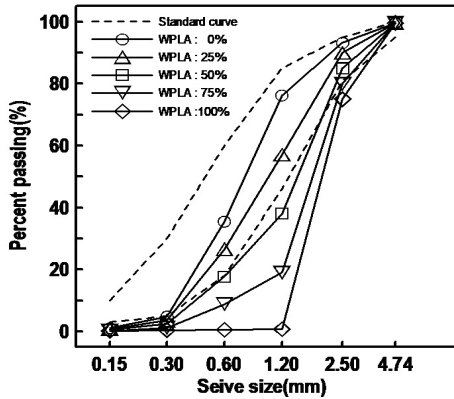


그림 3. WPLA 대체율에 따른 입도분포

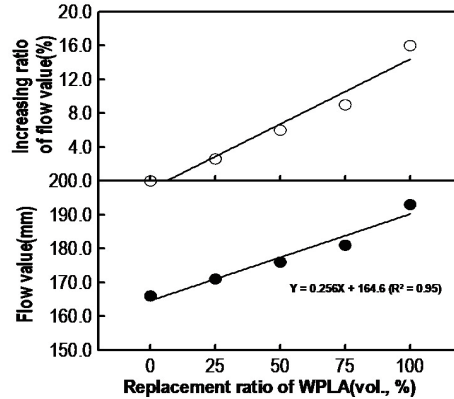


그림 4. WPLA 대체율에 따른 모르타르의 flow

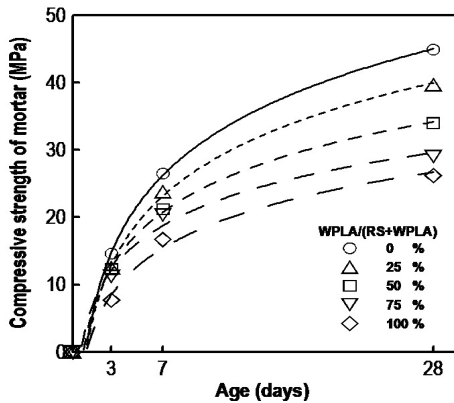


그림 5. WPLA 대체율에 따른 모르타르의 압축강도

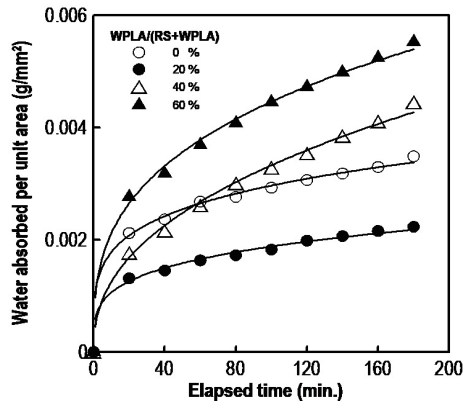


그림 6. WPLA 대체율에 따른 모르타르의 흡수특성

있을 것으로 생각된다. 또한 WPLA는 5~15mm의 단입도로 제조되므로 콘크리트용 잔골재로 활용하기 위해서는 WPLA를 일반 잔골재와 혼합하여 입도를 조정할 필요가 있을 것이다. WPLA를 혼합한 모르타르의 플로우 값은 WPLA의 치환률이 증가함에 따라 비례적으로 증가하였으며, 단위면적당 수분 흡수량은 WPLA의 치환률 20%의 경우 WPLA를 사용하지 않은 경우와 비교하여 낮은 수분 흡수량을 보였다. 또한, 모르타르의 압축강도는 WPLA의 혼합률이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 향후 이러한 결과를 바탕으로 건설용 잔골재로서 사용하기 위해서는 적극적인 연구 및 개발이 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 플라스틱코리아, "제42회 극동플라스틱업계의 - 한국, 일본, 대만 3국의 폐플라스틱 재활용 동향", (2017)
2. 최연왕, 문대중, 정문영, 조선규, "폐 PET 병을 경량콘크리트용 잔골재로 재활용 하기 위한 실험적 연구", 한국콘크리트학회논문집, Vol. 16, No. 1, pp. 79-87 (2004)
3. Y Choi, D Moon, Y Kim and M Lachemi, "Characteristics of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles", Construction and Building Materials 23, pp. 2829-2835 (2009)
4. Y Choi, Y Kim, H Shin and H Moon, "An experimental research on the fluidity and mechanical properties of high-strength lightweight self-compacting concrete", Cement and Concrete Research 36, pp. 1595-1602 (2006)
5. Y Kim, Y Choi and M Lachemi, "Characteristics of self-consolidating concrete using two types of lightweight coarse aggregates", Construction and Building Materials 24, pp. 11-16 (2010)

담당 편집위원 : 김용직(주) 대우건설 기술연구원