

재생미분말을 혼입한 콘크리트의 역학적 특성

Mechanical Properties of Recycled Powder mixing Concrete

이 승 환* 정 대 진** 최 익 창***
Lee, Seung Hwan Jung, Dae Jin Choi, Ik Chang

ABSTRACT

The problem of disposing construction waste materials has become a national and social problem. Recycled powder generated in the process of making aggregate, and the recycled powder is land-filled in its entirety. Results of toxicity testing of recycled powder show that it contains base-pair substituent mutagenicity. As recycled powder is disposed of as landfill, it can cause secondary contamination such as soil and underground water contamination. There has been very little research made on recycled powder. This study has examined the utilization of concrete mixture by using recycled powder in a mixture instead of cement and compared and analyzed the characteristics of dynamics and workability. This study has examined the application of recycled powder in concrete. Depending on the replacement rate and workability, test piece was manufactured using different mixing rate by CP, WCP, PCP. The CP was used to examine the physical property of concrete and characteristics its dynamics. The letters W of WCP and P of PCP are the initials of water and mixture. They were made using the standard mixing ratio emphasizing the workability to determine the characteristic of dynamics of concrete based on the mixing ratio of recycled powder. With the increase in the replacement rate, CP had very little change in the strength. But with the decline of slump, the workability was not good. The result of manufacturing WCP and PCP using the standard mixing ratio showed that WCP had a drop in strength compared to the plain. PCP had almost the same value as the plain only when the replacement rate was 10%. When it was higher than that, a reduction in strength was observed.

요 약

건설폐기물의 처리문제는 국가·사회적 문제로 제기되고 있으며 순환골재의 생산과정에서 발생하는 재생미분말은 전량 폐기·매립되고 있다. 재생미분말의 독성 시험결과 염기치환형 돌연변이원성을 포함하고 있다. 이와 같이 독성을 갖는 재생미분말이 매립 처분됨으로서 토양 및 지하수 오염등 2차 오염을 초래할 수 있다. 그러나 재생미분말을 재활용에 대한 연구가 매우 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 재생미분말을 재활용하기 위한 방법으로 콘크리트의 혼화제를 활용하고자 시멘트 대신 재생미분말을 혼입하여 역학적 특성과 작업성을 비교 분석하였다. 실험은 CP, WCP, PCP로 배합비를 달리하여 공시체를 제작하여 실험을 실시하였다. CP은 재생미분말 혼입율에 따른 콘크리트 물리적 성질과 역학적 특성을 파악하고자 하였으며, WCP의 W자와 PCP의 P자는 각각 물과 혼화제의 이니셜로 슬럼프, 공기량을 표준배합에 맞게 제작하여 워커빌리티에 중점을 두고 재생미분말 혼입률에 따른 콘크리트의 역학적 특성을 보고자 하였다. CP는 치환율의 증가에 따라 강도 변화는 거의 일어나지 않았지만 슬럼프의 저하로 인해 워커빌리티가 좋지 않았다. WCP, PCP는 표준배합에 맞게 제작을 하여 실험한 결과 Plain에 비해 WCP는 강도저하가 일어났으며, PCP는 치환율이 10%일 때만 Plain과 거의 같은 값을 가지고 그 이상일 때는 강도저하가 일어났다.

*정회원, 목포해양대학교 해양토목공학과 석사과정

**비회원, 목포해양대학교 해양토목공학과 석사과정

***정회원, 목포해양대학교 해양토목공학과 부교수

1. 서론

최근 도시재개발, 도시환경정비 등의 사업과 시설물들의 수명한계로 폐기 및 재건축되고 있어 건설폐기물의 발생량이 크게 증가하는 추세이며, 건설폐기물 중에서도 콘크리트는 약 90% 정도로 대부분을 차지하고 있다. 건설폐기물의 처리방법으로 소각, 매립, 재활용등이 있으며, 건설폐기물의 발생량 저감 및 재활용 측면에서 환경부하가 작고 지속적 발전이 가능한 완전 자원 순환형으로 가고 있지만 순환골재를 생산과정에서 발생하는 재생미분말은 전량 폐기·매립되고 있다. 최근 고품질의 순환골재를 생산하기 위해 제조 처리횟수를 증가시켜 부착물이 많이 제거된 양질의 골재를 생산하고 있지만 비례적으로 재생미분말도 더욱 증가하여 20~30% 정도²⁾ 발생하는 것으로 알려져 있다. 재생미분말에서는 독성이 시멘트에 비해 높고 염기치환형 돌연변이원성을 포함하고 있으며, 매립 처분됨으로서 토양 및 지하수 오염을 초래할 수 있어 이를 재활용하는 것이 시급히 요구된다. 기존의 연구에서는 재생미분말을 이용한 기초적 연구와 재생시멘트, 모르타르 등이 연구되었다. 본 연구에서는 재생미분말을 콘크리트용 혼화재료로 시멘트 대신 일부를 치환하여 재활용하고자 하며, 이를 위해 치환율과 물, 혼화제 변수로 실험을 실시한다.

2. 사용재료

2.1. 시멘트와 재생미분말

본 연구에서는 일반적으로 가장 많이 쓰고 있는 보통 포틀랜드 시멘트는 KS L 5201에 규정된 1종 보통 포틀랜드 시멘트인 국내 H사에서 제조한 제품 사용하였으며, 재생미분말(0.15mm이하 크기의 입자, 이하 미분말이라 한다.)³⁾은 전남 무안의 중간처리업체인 N사에서 습식공정⁴⁾으로 생산한 제품을 건조 분쇄하여 이용하였다. 표 1은 포틀랜드 시멘트와 재생미분말의 화학성분 및 물리적 성질을 나타낸 표이다.

표 1 포틀랜드 시멘트와 재생미분말의 화학성분 및 물리적 성질

구분	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	염화이온	강열감량	분말도	밀도
재생미분말	44.50	4.16	12.30	25.60	2.53	1.65	3.13	1.10	0.01	4.68	3381	2.69
포틀랜드시멘트	21.60	3.10	6.00	61.40	3.40	2.50	0.26	0.26	-	3.00	3539	3.15

표 2 재생미분말을 혼입한 콘크리트의 배합비

	W/B(%)	S/a(%)	단위중량(kg/m ³)							
			W	C	rP	치환율(%)	S	G	혼화제	
Plain	50.6	43	169	334	0	0	780	1038	1.336	
CP	CP05	50.6	43	169	317.3	16.7	5	780	1038	1.336
	CP10				300.6	33.4	10			
	CP15				283.9	50.1	15			
	CP20				267.2	66.8	20			
	CP25				250.5	83.5	25			
WCP	WCP10	60.6	43	202.5	300.6	33.4	10	780	1038	1.336
	WCP20	60.6		202.3	267.2	66.8	20			
	WCP30	60.7		202.8	233.8	100.2	30			
	WCP40	60.5		202.0	200.4	133.6	40			
PCP	PCP10	50.6	43	169	300.6	33.4	10	780	1038	2.338
	PCP20				267.2	66.8	20			3.340
	PCP30				233.8	100.2	30			4.342
	PCP40				200.4	133.6	40			5.678

2.2. 혼화제

본 실험에 사용된 혼화제는 고성능 혼화제(폴리카보산계 고성능AE감수제) K사에서 제조한 것이며, 형태는 액상, 색상은 연갈색, 비중은 1.10~1.20, pH는 4.0~7.5, 점도는(25C) 1000cPs이하인 제품이다.

2.3. 골재

본 실험에서 사용된 잔골재는 태안산이며, 굵은골재는 25mm인 해남산이다. 사용재료의 물리적 성질(비중, 흡수율, 조립율)은 각각 잔골재(2.61, 1.39, 3.04), 굵은골재(2.62, 0.64, 6.02)이다.

3. 실험방법

3.1. 배합설계

재생미분말(rP : recycled Powder)을 재활용할 수 있는 방안으로 콘크리트용 혼화재료 사용성을 검토하고자 3가지 형태의 총 14종류의 배합설계를 실시하여 콘크리트 역학적 특성 및 슬럼프, 공기량을 파악하고자 하였다. 우선 재생미분말을 전혀 혼입하지 않는 배합<Plain> 1종류, 골재와 물, 혼화제를 고정값으로 두고 시멘트를 재생미분말로 치환율을 변수로 한 실험을 한 배합<CP(Cement · recycled Powder)> 5종류, 워커빌리티에 중점을 두고 재생미분말 혼입하여 실험을 한 배합<WCP(Water-Cement · recycled Powder)> 4종류, <PCP(Polycarboxy-Cement · recycled Powder)> 4종류로 구성 되어있다. CP는 재생미분말 치환율에 따른 콘크리트 물리적 성질과 역학적 특성을 파악하고자 하며, 치환율이 25%까지만 한 이유는 슬럼프가 나오지 않아 성형이 불가능하였기 때문이다. CP의 실험결과를 기반으로 WCP, PCP는 각각 W(물)과 P(혼화제)로 슬럼프(15cm), 공기량(4.5±1.5%)을 표준배합에 맞게 제작하여 사용성에 중점을 두고 표 2와 같이 배합하여 실험을 하였다.

3.2. 실험방법

본 연구에서는 콘크리트 강도 시험용 공시체 제작 방법 『KS F 2403』에 따라 제작하였고 굳지 않는 콘크리트 상태의 슬럼프와 공기량 『KS F 2402, 2421』하였으며, 콘크리트의 7, 14, 28일 압축강도 『KS F 2405』와 28일 인장, 휨강도 시험을 『KS F 2423, 2407』에 따라 실시하였다.

4. 실험결과

4.1 CP의 결과

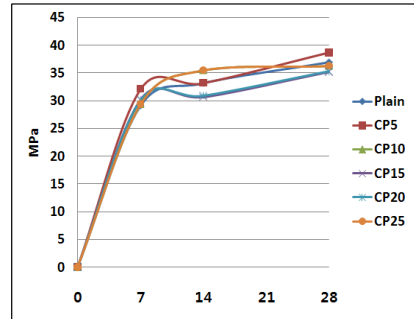


그림 1 CP의 압축강도 변화추이

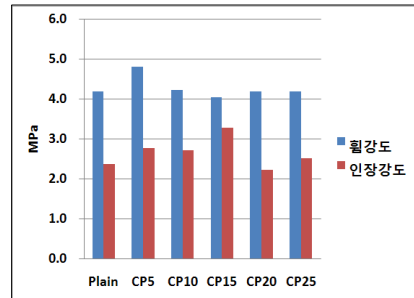


그림 2 CP의 휨 · 인장강도

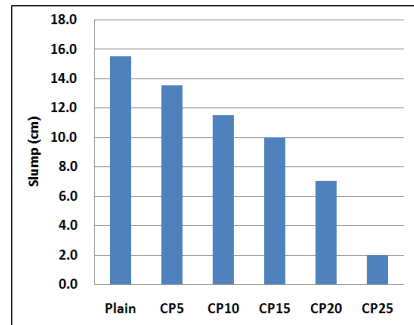


그림 3 CP의 슬럼프의 변화

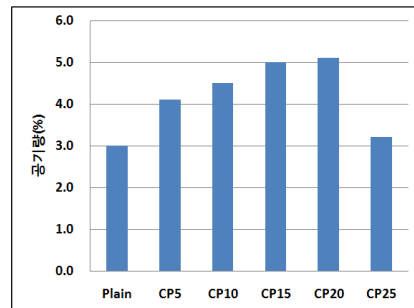


그림 4 CP의 공기량 변화

재생미분말 치환율에 따른 콘크리트의 특성 보고자 한 CP는 그림 1에 나타난 것처럼 치환율 증가에 관계없이 압축 강도는 Plain 대비 거의 같은 강도 35~40MPa의 추세선을 보이고 있으며, 그림 2의 휨강도는 Plain과 거의 같은 4~4.8MPa 영역을 구축하고 있다. 인장강도에서는 치환율에 따른 Plain에 비해 강도가 증가하여 감소하는 경향을 나타내고 있다. 그림 3에서는 재생미분말 치환율이 증가할수록 성형이 불가능할 정도로 슬럼프가 낮아짐을 알 수 있고 그림 4의 공기량은 큰 차이를 보이지 않고 있다. 이 실험결과에서 얻을 수 있는 것은 치환율을 높여도 강도의 변화는 거의 없지만 슬럼프의 저감으로 인해 워커빌리티가 저하되어 사용성에 문제점이 발생할 수 있다는 것이다.

4.2. WCP, PCP의 결과

재생미분말 치환율과 워커빌리티, 공기량에 맞게 제작한 WCP, PCP에서 압축강도는 많은 차이를 나타내고 있다. 그림 5에서 보는 바와 같이 Plain 대비 WCP는 치환율이 증가할수록 강도 저하가 현저히 나타나지만 PCP에서의 치환율이 10% 일 때 Plain과 거의 같은 값을 유지하고 있다. 하지만 PCP의 치환율(20~40%)이 증가함에 따라 강도가 저하됨을 알 수 있다. 그림 6에서 나타남과 같이 휨강도는 Plain 대비 WCP, PCP 10%일 때 증가 후 서서히 감소되고 있으며, 인장강도는 Plain과 거의 같은 값을 갖고 있지만 WCP, PCP의 치환율이 30~40%일 때 감소하는 경향을 보이고 있다.

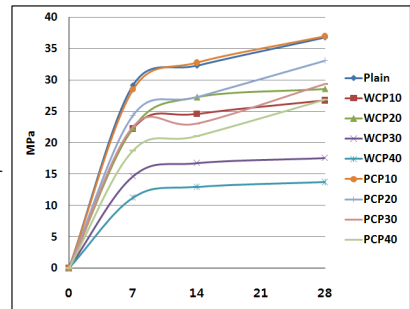


그림 5 WCP, PCP의 압축강도 변화추이

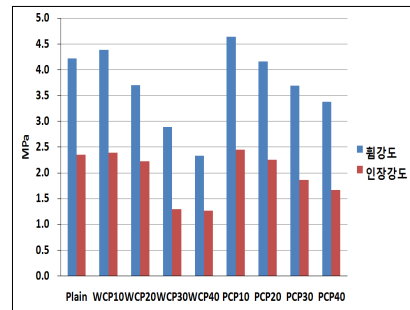


그림 6 WCP, PCP의 휨 · 인장강도

5. 결론

폐콘크리트를 파쇄할 때 발생하는 재생미분말을 시멘트로 치환하여 실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 시멘트를 재생미분말로 치환하여 콘크리트에 혼입하여 실험한 CP는 재생미분말의 치환율에 따라 압축 · 휨 · 인장강도의 변화는 거의 일어나지 않고 슬럼프의 저하로 인해 워커빌리티가 좋지 않으며, 공기량은 거의 같은 값을 갖는다.
- (2) 슬럼프(15cm), 공기량(4.5±1.5%)을 표준배합에 맞게 실험한 WCP는 물 양의 증가로 인해 Plain 대비 강도 저하가 현저히 일어났으나, PCP에서는 재생미분말 치환율이 10%인 PCP10은 Plain 비해 거의 동일한 강도 값을 나타내고 있다.
- (3) 재생미분말을 콘크리트에 시멘트 대신 일부를 치환하여 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 최경렬, “건설생산현장용 순환골재 콘크리트의 공학적 특성 평가 및 실용화에 관한 연구”, 충남대학교 대학원
2. 서상교, “재생미분말로 제조한 재생물탈의 품질 특성에 관한 연구”, 건설기술연구소 논문집 제15권 제1호
4. 김재원, 김하석, 임대빈, 이도현, 김봉주, 김진만, “재생 미분말의 발생현황과 특성에 관한 기초적 연구”, 2006년도 가을 학술발표회 논문집