재생콘크리트 강도 및 건조수축 특성

A Study of Strength and Drying Shrinkages on Recycled Concrete

이진용* 배성용** 박태욱*** 최환세****

Lee, Chin-Yong Bae, Sung Yong Park, Tae Uk Choi, Hoan Se

ABSTRACT

It was found that the compressive and flexural strength of recycled concrete was decreased with increasing the content of recycled aggregate and the early compressive strength was also decreased with increasing Fly Ash level. In comparison with recycled concretes producing various sources, the trend were similar to those shown above, but the differences were minor. The development of Flexural strength in both concretes was similar, but the recycled concrete is lower in the ratio of flexural strength and compressive strength. The drying shrinkage of recycled concrete is increased with increasing the amount of recycled aggregate, particularly, the maximum differences were reached between at 2 and 3 weeks

1. 서 론

최근들어 국내에서는 건축재개발의 활성화, 지하이용의 증대 등에 따라 건설공사 현장에서 발생하는 건설산업폐기물은 년간 전체 산업폐기물량의 40%이상을 차지하고 있다. 그 중 상당량에 이르는 것으로 추정되는 재활용 대상 건설폐재(토사, 폐콘크리트, 폐아스팔트콘크리트, 폐벽돌)에서 토사를 제외하고는 재활용량이 미미하다. 일부 건설폐기물은 불법 투기가 성행하여 심각한 주변환경오염을

1) * 동아건설산업(주) 기술연구소, 공박

2) ** 동아건설산업(주) 기술연구소, 연구원

3) *** 동아건설산업(주) 기술연구소, 주임연구원

4) **** 동아건설산업(주) 기술연구소, 수석연구원

일으키고 있으므로 정부는 적극적인 규제에 나서는 한편 건설폐재에 대한 재활용 정책을 마련하고 있으며, 산업계 및 학계에서도 재활용에 관련된 많은 연구를 하고 있다. 그러나 폐콘크리트의 재활용기술개발이 뒤떨어져 있으며, 특히 폐콘크리트 파쇄시 생성되는 재생골재를 콘크리트 생산에 활용하는 방안에 대하여 국내에서는 극히 일부를 제외하고는 연구 실적이 전무한 실정이다.

본 연구에서는 폐콘크리트로 부터 생산되는 재생조골재를 콘크리트포장에 사용함으로써 재활용기술을 발전시키기 위한 것으로 재생콘크리트를 도로포장에 사용할 때 필수적으로 고려해야 할 압축 및 휨강도의 특성 그리고 특히 재생조골재의 대체량에 따른 재생콘크리트의 압축강도변화를 알아보았다. 또한 재생조골재는 콘크리트의 건조수축에 미치는 영향을 판단하고자 한다.

2. 시험재료 및 개요

2.1 결합재

결합재는 S사에서 생산된 1종보통포틀랜트시멘트와 보령화력발전소에서 발생된 후 정제 처리한 플라이애쉬를 사용하였으며, 화학적조성 및 물리적특성은 표 1과 같다.

표 1 결합재의 화학적 조성 및 물리적 특성

항 목 / 종 류	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO_3 (%)	Ig. loss (%)	비 중	비표면적 (㎠/g)
시멘트	20.57	5.64	3.26	63.1	3.35	2.11	1.21	3.15	3,150
플라이애쉬	52.09	25.36	12.90	2.58	1.37	00.7	3.7	2.15	4,230

2.2 골재

콘크리트의 골재는 깨끗하고, 단단하며, 내구성 및 적절한 입도를 가진 것을 사용하여야 한다. 본시험에서 사용된 세골재는 충청남도 공주 금강하류에서 채취한 세골재를 사용하였다. 그리고 조골재는 경기도 용인에서 생산된 25mm인 쇄석골재와 지역별에 따라 발생되는 폐콘크리트로 부터 파쇄된 25mm인 재생조골재를 사용하였으며, 골재의 물리적특성은 표 2와 같다.

표 2 골재의 물리적특성

종 류	생산지	비 중	흡수율 (%)	조립율 (F.M)	단위중량 (kg/cm^3)	마모감량 (%)	안정성 (%)
세골재	공주 금강	2.61	1.20	2.58	1,512	-	-
조골재	용인	2.70	0.84	6.62	1,646	20.0	3.80
재생 조골재	대전	2.35	3.87	6.41	1,451	31.0	7.90
	수원	2.44	1.21	6.39	1,563	37.1	2.47
	인천	2.45	1.20	6.43	1,557	40.1	2.61

2.3 시험개요

본 연구에서는 콘크리트의 물·시멘트비가 0.4와 0.5로 표 3과 같이 배합비로 하였다. 물·시멘트비가 0.5인 콘크리트는 플라이애쉬 혼입율을 시멘트 중량비로 0, 10, 20, 30%와 재생조골재의 대체율을 각각 0, 20, 40, 60, 80, 100%로 하여 콘크리트의 압축강도, 휨강도 및 건조수축시험을 실시하였다.

표 3 콘크리트 배합비

물/시멘트	배 합 비 , kg/m³				
	물	시멘트	잔골재	굵은 골재	기 타
0.4	185	463	708	996	
0.5	195	390	770	930	

3. 시험결과 및 고찰

3.1 압축강도

재생조골재를 이용한 콘크리트의 강도변화를 알아보기 위하여 물·시멘트비가 0.5인 콘크리트에 쇄석골재 대신 재생조골재(대전)를 0~100%까지 대체하여 강도의 변화추이를 알아보았으며, 또한 플라이애쉬를 30%까지 첨가하여 재생콘크리트의 강도를 측정하였다. 표 4는 콘크리트 슬럼프, 공기량 그리고 3, 7, 28, 90, 180일의 조기강도와 장기강도의 변화를 보여주고 있다. (여기서 RA20은 재생조골재와 천연골재의 혼합비율이 20:80, RA40은 40:60, RA60은 60:40, RA80은 80:40 그리고 RA100은 재생조골재만 사용하여 만든 콘크리트을 의미한다).

재생콘크리트의 작업성은 보통콘크리트에 비하여 차이점이 거의 없는 것을 보여 주고 있다. 콘크리트내의 공기량은 재생조골재의 혼입량과 플라이애쉬 함유량에 따라 차이점을 보이고 있으나, 재생조골재의 양이 증가할수록 대체로 증가하였다. 또한 플라이애쉬 혼입함으로서 공기량 차이가 재생조골재의 함유량에 따라 현저히 감소하는 것을 발견하였다.

콘크리트 강도 측정결과에서는 콘크리트내의 재생조골재의 첨가량이 증가할수록 양생기간에 관계없이 쇄석골재만 사용한 보통콘크리트보다 강도가 감소하였다.

표 4 재생콘크리트 압축강도 변화

Fly Ash 혼입율(%)	재생골재 대체율(%)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	압축강도(kg/㎠)				
				3 일	7 일	28 일	90 일	180일
0	0	6.0	2.8	223	305	450	468	477
	20	6.0	3.0	208	282	392	432	441
	40	8.0	3.2	173	248	347	371	378
	60	6.0	3.5	150	225	330	345	352
	80	7.0	3.8	143	218	317	337	344
	100	6.0	3.5	125	190	301	324	330
10	0	6.0	1.6	196	279	436	473	490
	20	6.0	1.2	175	252	380	451	467
	40	8.0	0.5	150	225	345	387	401
	60	8.0	3.5	132	210	320	351	363
	80	4.0	3.2	110	180	300	352	364
	100	3.0	2.7	94	168	290	341	353
20	0	7.0	1.1	150	235	385	475	496
	20	6.0	1.0	137	216	352	454	373
	40	8.0	2.1	120	198	305	394	412
	60	6.0	3.5	110	180	290	362	378
	80	6.0	2.8	90	165	280	357	373
	100	4.5	2.3	74	143	270	346	362
30	0	4.0	0.6	130	210	365	459	498
	20	7.0	0.9	110	185	315	427	479
	40	13.0	0.4	95	155	260	363	413
	60	7.0	3.8	75	137	248	327	376
	80	7.5	2.0	65	120	234	321	375
	100	6.5	2.1	58	105	215	314	356

3.2 휨강도

윤하중을 받는 포장용 콘크리트는 다른 구조물 공사와 달리 콘크리트의 휨강도가 압축강도보다 더 강조되고 있다. 그림 1은 재생골재의 혼입량과 골재원에 따른 콘크리트 휨강도 측정 결과를 보여주고 있으며, 그 강도는 재생골재의 대체량 및 플라이애쉬 혼입량이 증가할수록 감소하였다.

3.3 휨강도와 압축강도의 관계

그림 2는 시방서에 나와있는 보통콘크리트의 휨강도/압축강도비의 관계와 본 연구에서 얻은 재생조골재의 휨강도/압축강도비의 상관 관계를 보여주고 있다. 대체적으로 재생콘크리트가 보통콘크리트와 같은 휨강도를 얻기 위해서는 보통콘크리트에서 요구되어지는 압축강도보다 높은 압축강도를 갖는 콘크리트를 생산해야 하는 것을 보여 주고있다.

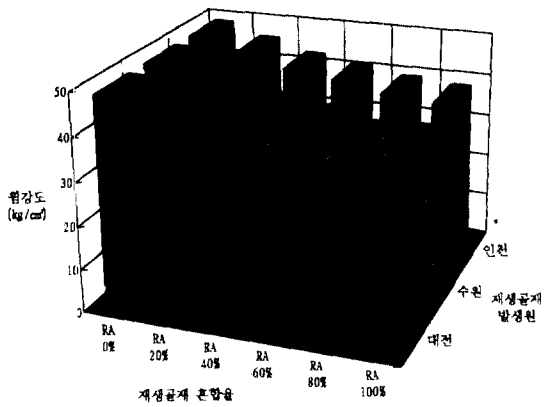


그림 1 재생콘크리트의 휨강도

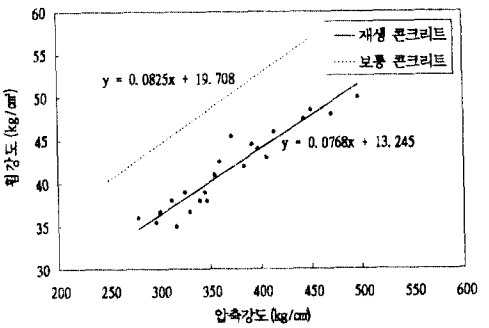
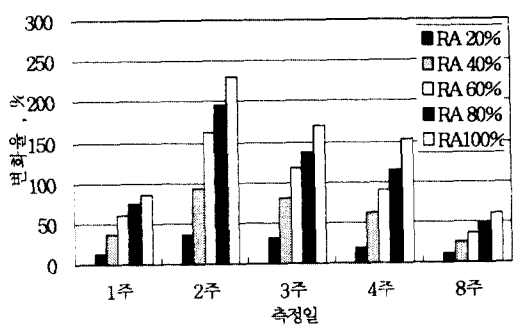


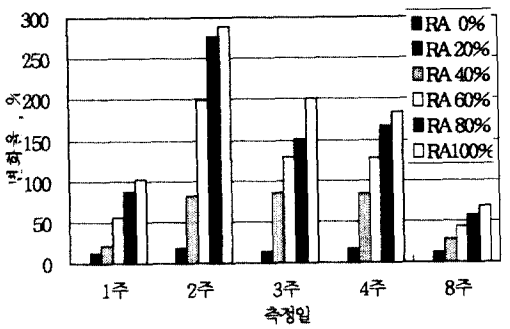
그림 2 시방서와 비교한 휨강도/압축강도비 상관도

3.4 건조수축

그림 3은 재생콘크리트의 건조수축 변화를 보여주고 있다. 초기의 건조수축 변화는 초기(1주일)에는 별차이가 없으나, 그후 건조일수에 비례하여 길이변화가 증가하였다. 재생콘크리트는 보통콘크리트에 비교하여 수축변화가 많고, 재생콘크리트내에서는 재생조골재의 대체량이 많아질수록 길이변화는 증가하였다.



a) 물 · 시멘트비 0.4



b) 물 · 시멘트비 0.5

그림 3 재생콘크리트의 건조수축 비교 (보통콘크리트가 0일 때)

4. 결 론

재생콘크리트를 포장용콘크리트에 사용하기 위한 연구에서 재생콘크리트는 재생조골재의 양에 따라 강도가 감소하였으며, 보통콘크리트에 비하여 건조수축에 의한 길이변화가 많았다. 따라서 재생조골재를 콘크리트에 대체하여 사용할 때에는 이러한 특성들이 재생콘크리트 배합, 생산, 타설할때에 고려되어야 하며, 시험결과는 아래와 같다.

1) 재생콘크리트의 압축강도는 재생골재의 대체량이 0%에서 100%로 증가할수록 감소하였으며 플라이애쉬를 혼화재로 사용할 때 그 양이 증가할수록 재생콘크리트의 조기 압축강도는 떨어졌으나, 28일후의 장기강도는 증가하는 것을 발견하였다. 즉 플라이애쉬를 혼입한 재생콘크리트의 압축강도는 양생기간에 따라 보통재생콘크리트와 특성이 달랐다.

2) 재생콘크리트의 휨강도는 재생조골재의 대체량이 증가할수록, 플라이애쉬 혼입량이 증가할수록 감소하였으며, 골재원에 따라서 휨강도가 다르나 그 차이는 적었다. 그리고 재생콘크리트의 휨강도와 압축강도비는 보통콘크리트에 비하여 낮으므로, 보통콘크리트와 동등한 휨강도를 얻기 위해서는 재생콘크리트의 압축강도는 보통콘크리트보다 높아야한다.

3) 재생콘크리트의 건조수축은 재생골재의 혼입량이 증가할수록 증가하였으며, 특히 2주와 3주사이에 건조수축량이 보통콘크리트에 비해 월등히 높다. 그러므로 재생콘크리트을 구조물에 사용할 때 건조수축에 충분한 검토가 필요하다.

<참고문헌>

1. 김무한, 국내 폐기콘크리트 발생량의 예측 및 재생골재로의 이용전망에 관한 연구(건축부문 폐기콘크리트를 중심으로), 대한건축학회 학술발표회 논문집, pp. 425-430, 1996
2. 김광우, 박제선, 폐콘크리트의 재활용 미국 FHWA 시범프로젝트 (DP#47)의 소개, 대한토목학회지 10월호, 1992.
3. 이진용, 이인대, 재활용골재의 도로성토재로서의 적합성 연구, 대한토목학회 논문집, 제16권 pp. 131-138
4. 이진용, PFA 함유량이 높은 콘크리트의 강도발현에 관한연구, 콘크리트학회지. Vol. 7, No. 1, pp126-135, 1995.2.