

플라이애쉬를 혼합한 재생골재 콘크리트의 강도 및 동결융해 특성

Strength and Freezing-Thawing Properties of Recycled Aggregate Concrete Mixed Fly Ash

구 봉 근* 류 태 은** 이 재 범** 양 승 규***
Koo, Bong Kuen Ryu, Taek Eun Lee, Jae Bum Yang, Seung Kyu

ABSTRACT

This study is represented the strength and freeing-thawing properties of recycled aggregate concrete mixed fly ash by experiment. The experimental variables are the substitution ratio of recycled aggregate and the mixing ratio of fly-ash. For each specimens, there were tested compressive strength and freeze-thaw resistance.

It is able to find from the experimental result that the recycled aggregate concrete has good properties as general concrete on the compressive strength and the durability.

1. 서론

국내의 건설시장은 80년대 말부터 대형 국가건설정책 및 민간건설의 활성화에 힘입어 콘크리트산업의 경우도 막대한 양적 증가를 유발하였고, 특히 지금까지 골재의 경우는 천연자원에 의존하여 양질의 천연골재 자원의 고갈이 우려되고 있고, 또한 사회·문화의 발전과 더불어 환경의 중요성이 재인식되면서 도시미관 및 자원절약 등의 이유에서 골재채취 제한구역이 날로 확산되는 등 심각한 골재난을 겪게 되었다¹⁾.

최근에는 도시의 재개발, 환경정비, 건물의 노후화 및 기능저하에 따른 해체공사의 증가로 막대한 양의 폐콘크리트를 발생시켜 환경적인 측면에서도 큰 문제로 제기되고 있으므로 이 폐콘크리트를 부족한 콘크리트용 골재자원으로 재활용하는 것은 환경오염의 방지와 자원의 재창출이라는 측면에서 일거양득의 효과가 있다. 또한 화력발전소에서 원료로 사용하는 석탄을 연소할 때 발생하는 플라이애쉬는 과거에는 주로 매립용으로 사용되어 왔으나 최근에는 콘크리트의 품질개선과 시멘트 대체를 위한 혼화재료로서 경제적 시공과 산업부산물의 재활용이라는 측면에서 그 활용방안이 연구되고 있다²⁾.

본 연구에서는 재생골재와 플라이애쉬를 사용한 콘크리트에 대하여 강도특성을 파악하였으며, 재생골재와 플라이애쉬가 내구성에 미치는 영향을 파악하기 위하여 일반적으로 내구성 판단의 기준이 되고 있는 동결융해시험에 의한 내구성지수를 고찰하였다.

2. 사용재료 및 실험계획

* 충북대학교 토목공학과 교수, 공학박사
** 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정
*** 충북대학교 대학원 토목공학과 석사과정

2.1 실험개요

본 연구는 재생골재와 플라이애쉬의 사용에 따른 콘크리트의 강도특성 및 동결융해저항성을 알아보기 위한 연구로서, 재생골재의 대체율에 따른 변화를 알아보기 위하여 재생골재 대체율을 0, 30, 50%로 하였으며, 또한 플라이애쉬의 혼합률에 따른 영향을 측정하기 위해, 각 재생골재 대체율별로 플라이애쉬 혼합률을 단위시멘트량의 0, 10, 20% 및 30%로 고려하였다.

압축강도용 공시체는 상온에서 1일 양생 후 탈형하여 수중에서 표준양생하여 7일, 14일, 28일 그리고, 장기재령 91일에서의 압축강도시험을 하여 압축강도의 변화를 분석하였으며, 동결융해 저항성을 분석하기 위하여 KS F 2456의 “급속 동결 융해에 대한 콘크리트의 저항 시험 방법”에 의하여 동결융해 시험을 실시하였다. 동결융해시험용 공시체의 동탄성계수의 측정은 KS F 2437규정에 따라 “공명진동에 의한 콘크리트의 동탄성계수, 동 전단 탄성계수 및 동 포아슨비의 시험 방법”에 의하여 측정하였다³⁾.

2.2 사용재료

본 연구에서 사용한 시멘트는 국내 H사 제품의 1종 보통포틀랜드 시멘트이며, 플라이애쉬는 충남 보령화력발전소에서 생산된 무연탄 플라이애쉬를 사용하였고, 잔골재는 충남 공주 금강에서 채취한 천연모래를 사용하였으며, 굵은골재는 최대크기가 25mm인 쇄석을 사용하였다. 또한 재생 굵은골재는 경남 김해 소재 I기업에서 폐콘크리트를 파쇄하여 생산한 재생골재를 사용하였으며, 혼화제는 국산AE제와 고성능 유동화제를 사용하였다. 본 연구에 사용된 골재의 물리적 특성은 표 1과 같다.

표 1 골재의 물리적 특성

종 류	비 중	흡 수 율(%)	조 립 물(F.M.)	마 모 율(%)	잔 입 자 통 과 량(%)
잔 골 재(모래)	2.50	0.93	2.57	-	2.62
굵은골재(쇄석)	2.56	2.47	6.71	30.69	0.4
굵은골재(재생)	2.19	7.26	6.55	33.14	0.4

2.3 배합설계 및 공시체 제작

본 연구에서는 재생골재 대체율과 플라이애쉬 혼합률을 실험변수로 시험배합을 거쳐 배합설계를 하였으며, 목표 슬럼프를 맞추기 위하여 소량의 고성능 유동화제를 사용하였다. 또한 공기량을 5~6%로 일정하게 하기 위하여 AE제를 사용하였다. 압축강도 측정용 공시체는 10cm × 20cm인 원주형 공시체를 3개씩 제작하여 재령별로 강도를 측정하였으며, 동결융해시험용 공시체는 10cm × 7.5cm × 39.6cm인 각주형 공시체를 제작하였다. 이에 따른 배합설계표는 표 2와 같다.

표 2 배합설계표

분 류	W/C (%)	S/a (%)	SP 첨가량 (%)	W (kg)	용적배합 (l/m ³)				중량배합 (kgf/m ³)				공기량 (%)
					C	F.A.	S	G	C	F.A.	S	G	
F0R0	45	40	0.25	180	127	0	267	401	400	0	668	1050	5.2
F0R30			1018									5.5	
F0R50			996									5.4	
F10R0			0.30		114	18	265	398	360	40	663	1042	5.5
F10R30			1010									5.8	
F10R50			988									5.6	
F20R0			0.28		102	36	263	394	320	80	657	1033	5.1
F20R30			1001									5.4	
F20R50			980									5.7	
F30R0			0.30		90	54	261	391	280	120	652	1025	5.7
F30R30			993									5.6	
F30R50			972									5.8	

주) W : 단위수량, C : 단위시멘트량, F.A. : 플라이애쉬량, S : 잔골재량, G : 굵은골재량

표 3 압축강도시험 결과

분 류	W/C (%)	동탄성계수	압축강도(kgf/cm ²)			
		($\times 10^5$ kgf/cm ²)	f_7	f_{14}	f_{28}	f_{91}
FOR0	45	재령 28일				
		3.57	255	273	341	438
F0R30		3.25	225	254	272	330
F0R50		3.12	234	251	306	365
F10R0		3.59	246	251	315	455
F10R30		3.28	186	253	280	346
F0R50		3.17	218	255	290	366
F20R0		3.64	217	266	327	476
F20R30		3.47	215	251	309	405
F20R50		3.29	183	220	301	374
F30R0		3.34	160	181	279	401
F30R30		3.21	141	163	245	318
F30R50		3.12	149	184	268	357

3. 실험결과 및 고찰

3.1 압축강도 측정결과 및 고찰

압축강도의 측정결과, 재생골재 대체율은 0, 50, 30%순으로, 그리고 플라이애쉬 혼합물은 20, 10, 0, 30%순으로 압축강도 발현을 나타냈다. 그러나, 플라이애쉬 혼합물이 20%일 때는 재생골재 대체율 50%일 때보다 30%일 때가 큰 압축강도 발현을 보였다. 원주형공시체의 동탄성계수 측정결과와 재생골재 대체율이 클수록 작아지는 경향을 보였으며, 플라이애쉬 혼합물에 비례하여 증가하다가 혼합물 30%일 때는 작아지는 것으로 나타났다. 표 3과 그림 1, 2, 3, 4는 각각의 배합에 대한 압축강도 결과 값이다.

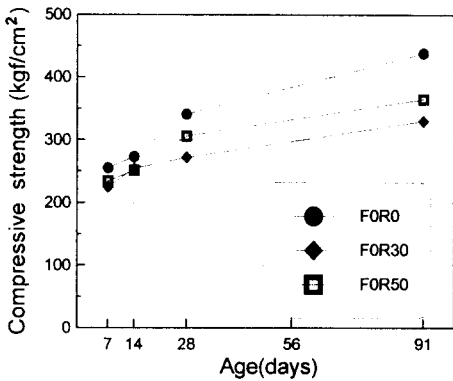


그림 1 플라이애쉬 0%일 때의 압축강도

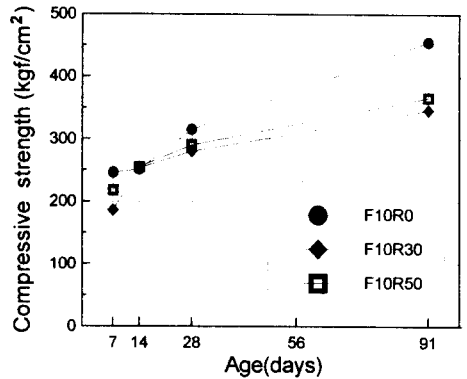


그림 2 플라이애쉬 10%일 때의 압축강도

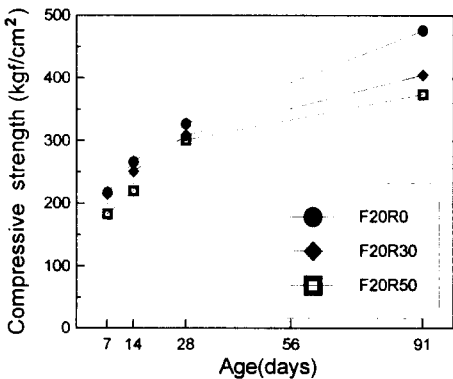


그림 3 플라이애쉬 20%일 때의 압축강도

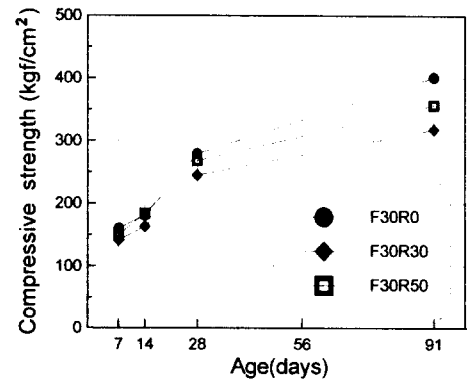


그림 4 플라이애쉬 50%일 때의 압축강도

3.2 동결융해 시험결과 및 고찰

동결융해 시험을 통하여 측정하는 내구성 지수는 모든 배합에서 60%이상으로 양호한 것으로 나타났으며, 특히 재생골재 대체율이 0%와 30%일 때는 90%이상으로 아주 양호한 것으로 나타났다. 또한 플라이애쉬 혼합물의 영향은 적은 것으로 나타났다. 그림 4는 플라이애쉬 혼합률이 30%일 때의 동결융해시험 결과 값이다.

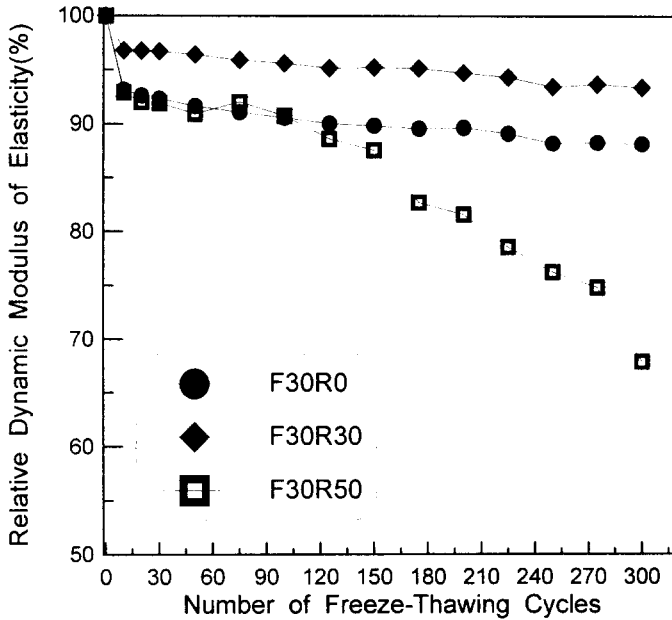


그림 4 동결융해 시험결과

4. 결론

플라이애쉬를 혼합한 재생골재 콘크리트의 압축강도 및 동결융해 저항성을 요약하면 다음과 같다.

1) 원주형 공시체의 재령 28일에서의 동탄성계수는 재생골재 대체율이 커질수록 작아지는 경향을 보였으며, 플라이애쉬의 혼합률이 20%까지는 증가하다가 30%에서는 감소하는 것으로 나타났다.

2) 압축강도 시험결과 재생골재 대체율이 50%일 때가 30%일 때보다 큰 압축강도 발현을 나타냈다. 다만, 플라이애쉬 혼합률이 20%일 때는 재생골재 대체율이 30%일 때가 50%일 때보다 큰 압축강도를 나타냈다. 또한 플라이애쉬의 사용이 장기강도 측면에서는 유리하게 나타났으나, 플라이애쉬를 20%이상 사용하면 오히려 강도에 불리한 영향을 미치는 것으로

나타났다.

3) 동결융해 시험에 의한 내구성 지수는 모두 60%이상으로 양호하게 측정되었으며, 재생골재 대체율이 30%일 때 가장 큰 내구성지수를 보였다. 플라이애쉬의 혼합률이 내구성 지수에 미치는 영향은 대체로 미약하였다.

4) 본 실험을 통한 압축강도와 내구성 지수를 종합적으로 검토해 볼 때, 재생골재 대체율이 30%, 플라이애쉬 혼합률이 20%일 때가 압축강도와 동결융해 저항성 측면에서 양질의 재생콘크리트를 제작할 수 있음을 알았다.

참고문헌

1. 신동인, "폐콘크리트의 품질이 재생콘크리트의 특성에 미치는 영향", *명지대학교 박사학위논문*, 12월, 1998.
2. 임정호, "플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 동결융해 저항성 및 기포조직에 관한 연구", *명지대학교 박사학위논문*, 12월, 1997.
3. 최세규, 임정호, 김생빈, 이석홍, "플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 동결융해 저항성에 관한 연구", *한국콘크리트학회 학술발표회 논문집*, 제 10권, 1호, 5월, 1998.