

플라이애쉬와 실리카흄을 사용한 재생골재 콘크리트의 공학적 특성

The Engineering Properties of Recycled Aggregate Concrete using Silica-Fume and Fly-Ash

구봉근* 이상근** 신재인*** 이현석****
Koo, Bong-Kuen Lee, Sang-Kuen Shin, Jae-In Lee, Hyoun-Sok

ABSTRACT

This study provided the engineering properties of the recycled aggregate concrete with fly-ash and silica-fume. There are considered recycled aggregate substitution ratio, and fly-ash and silica-fume mix ratio as the experimental variables. From the experimental result, we could know that the recycled aggregate concrete mixed silica-fume is superior on the compressive strength but, is poor on the construction property than fly-ash. The optimal mix ratio of the fly-ash and silica-fume is 10% in all.

1. 서론

산업사회의 급격한 발달은 각종 구조물의 수요와 공급에 의해서 많은 생산과 재건설을 요구하게 되었다. 이로인한 다량의 산업폐기물은 매립에 의존하였으나, 시간의 지남에 따라 매립지의 부족, 천연자원의 고갈과 환경오염 등은 건설폐기물에 대한 재활용으로 방법 전환이 모색되었으며, 그에 대한 연구가 진행되고 있는 실정이다. 유럽에서 처음으로 재생자원으로서의 폐콘크리트의 연구가 진행되었으며, 미국, 사우디아라비아, 일본 등의 각 나라에서 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나, 국내의 경우 낮은 연구시작과 업체나 사용자간의 인식부족으로 많은 실패를 거두고 있지 못하는 실정이다. 또한 재생골재가 천연골재에 비해서 약간의 역학적 단점을 가지고 있다^{1,2)}.

따라서, 본 연구에서는 재생골재의 역학적 단점을 보완하고자 재생골재의 대체와 혼화재의 혼합비에 따른 압축강도의 특성을 규명하여 최적의 혼합비를 산출하고자 하였다.

2. 사용재료 및 실험계획

사용골재에 대한 기초적인 실험 및 결과는 표 1에 나타내었다. 본 연구에서 사용된 시멘트는 국내 H사의 1종 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 굵은골재는 최대치수 25mm의 쇄석을 사용하였고, 재생골재는 경남 김해 소재의 I기업에서 생산한 골재를 사용하였으며, 잔골재는 금강에서 채취한 천연모래를 사용하였다. 혼화재의 경우 플라이애쉬는 무연탄 플라이애쉬를 사용하였고, 실리카흄은 SiO₂ 96.5% 함유의 실리카흄을 사용하였다.

본 연구에서는 재생골재의 대체와 혼화재의 혼합에 따른 특성을 알아보기로 표 2과 같은 시험배합을 실시하였으며, 각 계열당 3개의 공시체를 제작하여 동일한 조건에서 수중양생 후 재령별 실험을 실시하였다. 표 2에서 알 수 있듯이 재생골재에 대해서는 여러 논문에서 대체율을 30%이하로 정하고 있으며 역학적 성질이 저하되는 것으로³⁾ 판명되어 천연모래를 사용하였다. 재생골재의 대체율은 혼화재를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우 모두 같은 비율로 하였으며, 혼화재의 혼입율은 혼화재의 특성에 따라서 표 2와 같이 정하였다. 굳지않은 콘크리트의 경우, 시간에 따른 슬럼프의 변화를 측정하였으며, 온도, 블리딩율, 공기량을 측정하였다. 굳은 콘크리트의 경우, 압축강도, 인장강도, 초음파속도, 반발경도, 단위중량을 실시하였다. 압축강도의 경우에는 7, 28, 91, 126일의 재령별 강도를 측정하였고, 인장강도는 28일의 인장강도를 측정하였다. 또한 초음파 및 반발경도 실험의 경우는 고려한 모든 재령에서 실시하였다.

* 충북대학교 토목공학과 교수, 공학박사

** 충북대학교 토목공학과 시간강사

*** 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정

**** 충북대학교 대학원 토목공학과 석사과정

표 1 골재의 물리적 특성

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

표 2 배합설계표

분류	W/C (%)	S/a (%)	혼화재 대체율 (%)	골재 대체율 (%)	혼화재 (kg)	SP	W (kg)	용적배합 (ℓ/m ³)				중량배합 (kgf/m ³)					
								시멘트	잔골재	굵은 골재	재생 굵은골재	시멘트	잔골재	굵은 골재	재생 굵은골재		
RS0	40	55	0	0	0	목 표 슬 럽 프 를 위 한 소 청 량	200	159	342	280		500	854	732			
RS30				159				342	196	84	500	854	513	197			
RS50				159				342	140	140	500	854	366	329			
A10R0				10				0	50	143	338	277		450	845	725	
A10R30								143		338	194	83	450	845	507	195	
A10R50								143		338	138	138	450	845	362	325	
A20R0			20	0	100			127	334	274		400	836	717			
A20R30				127				334	192	82	400	836	502	193			
A20R50				127				334	137	137	400	836	358	321			
S10R0				10				0	50	143	338	277		450	845	725	
S10R30								143		338	194	83	450	845	507	195	
S10R50								143		338	138	138	450	845	362	325	
S15R0			15	0	75			135	336	275		425	841	721			
S15R30				135				336	193	83	425	841	505	194			
S15R50				135				336	138	138	425	841	360	323			

3. 결과 및 고찰

3.1 굳지 않은 콘크리트의 결과 및 고찰

그림 1~그림 3은 슬럼프의 시간에 따른 변화를 도시한 그림이다. 혼화제별 대표적인 슬럼프의 시간에 따른 변화를 도시하였다. 목표슬럼프를 18±2cm로 결정하였으며, 0, 15, 30, 45, 60, 90분의 6단계에 걸쳐서 측정하였다. 그림에서 알 수 있듯이 플라이애쉬를 혼합한 재생골재콘크리트는 보통 재생골재콘크리트와 유사하게 시간에 따른 슬럼프변화가 진행되었으나, 실리카흄을 혼합한 재생골재콘크리트는 초기 슬럼프치 저하가 크게 나타나고 있다. 이는 실리카흄의 분말도가 대단히 크기 때문인 것으로 사료된다. 따라서, 위와같은 사실을 바탕으로 할 때 장시간에 걸친 작업성은 플라이애쉬를 혼합한 재생골재콘크리트가 실리카흄을 혼합한 재생골재콘크리트에 비해서 좋은 것을 알 수 있다. 블리딩의 경우도 마찬가지로 플라이애쉬를 혼합한 재생골재콘크리트와 일반 보통 재생골재콘크리트는 블리딩의 양이 3% 안팎의 비슷한 수준으로 나타났으나, 실리카흄을 혼합한 재생골재콘크리트는 보통 재생골재콘크리트와 플라이애쉬를 혼합한 재생골재콘크리트에 비해서 1%에서 1.2%정도로 블리딩율이 작게 나타났다. 이는 실리카흄이 콘크리트의 입자사이를 메워 블리딩수량을 감소시키고 골재와 시멘트사이의 접촉면을 증가시켜 재료분리와 블리딩을 감소시키는 것으로 판단되었다.

3.2 굳은 콘크리트의 결과 및 고찰

그림 4~그림 6은 각 계열별 재령별 압축강도를 나타낸다. 재령 7일 강도에서는 혼화제를 혼합한 재생골재콘크리트가 모두 RS계열보다 낮은 압축강도를 나타내고 있으나, 재령 28일 강도에서는 평균적으로 S10계열이 RS계열보다 압축강도가 높은 것으로 나타나고 있으며, S15계열도 RS계열과 평균적으로 거의 같은 압축강도를 나타내고 있다. 그러나, 플라이애쉬의 경우에는 A10계열만이 RS계열과 비슷

한 압축강도를 나타내었으며, A20계열의 경우에는 가장 낮은 압축강도를 나타내었다.

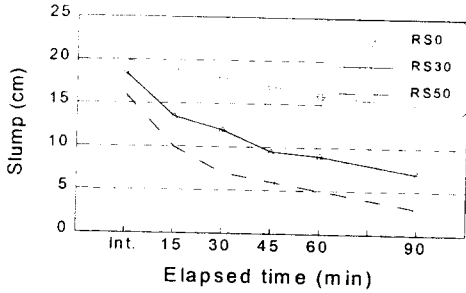


그림 1 RS계열의 시간에 따른 슬럼프

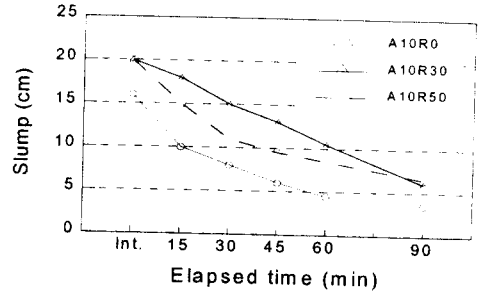


그림 2 A10계열의 시간에 따른 슬럼프

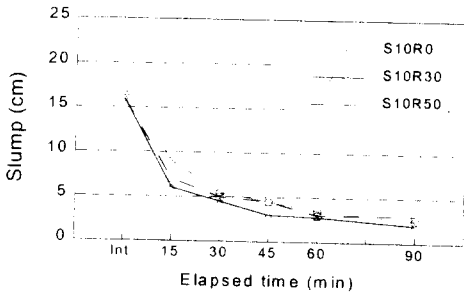


그림 3 S10계열의 시간에 따른 슬럼프

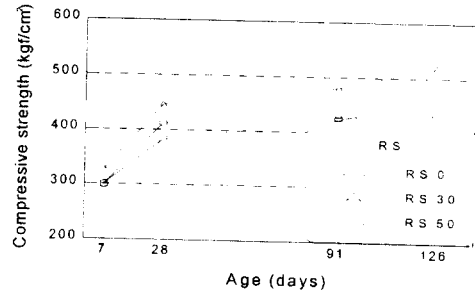


그림 4 RS계열의 재령에 따른 압축강도

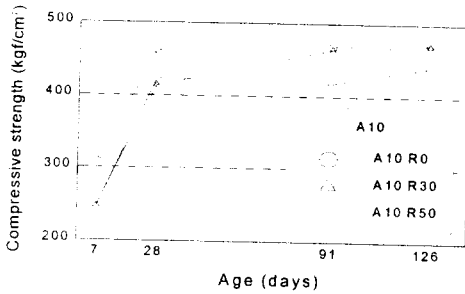


그림 5 A10계열의 재령에 따른 압축강도

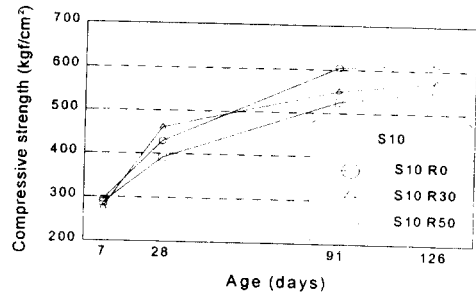


그림 6 S10계열의 재령에 따른 압축강도

또한 S10, S15계열은 재령 28일 이후의 모든 재령의 압축강도에서 RS계열보다 높은 강도를 나타내었으며, 재생골재를 30%로 대체했을 경우 RS계열의 경우는 모든 재령에서, A20계열과 S10계열은 재령 28일에서 대체하지 않은 경우보다 높은 강도를 보였다. 그림 7, 그림 8은 압축강도와 초음파속도, 압축강도와 반발경도와의 상관관계를 나타낸 그림이다. 초음파의 경우 실리카흙을 혼입한 재생골재콘크리트가 혼입하지 않은 경우와 유사하게 높은 상관성을 나타내었으며, 또한, 반발경도의 경우에도 실리카흙을 사용한 재생골재콘크리트가 혼입하지 않은 경우와 같이 0.85 이상의 상관계수를 가지는 높은 상관성을 나타내어 제시한 식이 신뢰도가 높다고 할 수 있다.

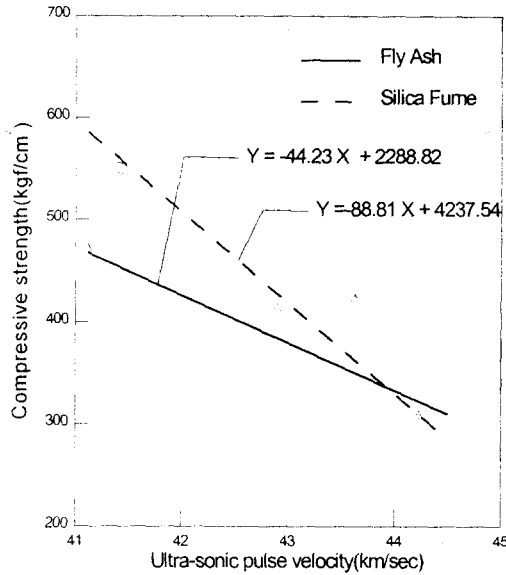


그림 7 압축강도와 초음파속도와의 상관관계

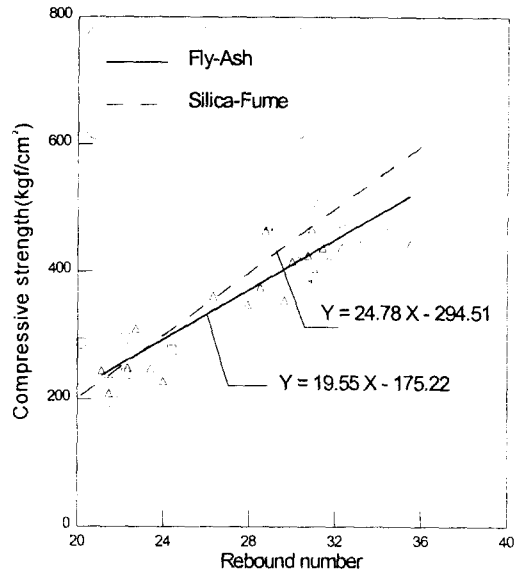


그림 8 압축강도와 반발경도와의 상관관계

4. 결론

- 1) 시공성면에서는 플라이애쉬를 혼합한 재생골재콘크리트가 실리카흄을 혼합한 재생골재보다 우수한 것으로 나타났으나, 압축강도면에서는 실리카흄을 혼합한 경우가 우수하게 나타났다.
- 2) 혼화재를 사용하지 않은 보통 재생골재콘크리트에서 재생골재 대체율이 30%일 때가 대체율 0%보다 오히려 압축강도면에서 우수하게 나타났다.
- 3) 재생골재 콘크리트의 경우, 실리카흄과 플라이애쉬의 최적혼합비는 모두 10%임을 알 수 있었다.
- 4) 플라이애쉬와 실리카흄이 혼입된 재생골재 콘크리트에 대해 압축강도와 초음파속도 그리고 반발경도와의 상관관계식을 제시하였다.

참고문헌

1. 충남대학교, 전북대학교, 충북대학교, "건설폐기물의 재활용 및 처리기술개발", 건설교통부, 1999.
2. 이성제, "실리카흄 혼입에 따른 재생골재콘크리트의 강도특성에 관한 실험적 연구", 건국대학교, 석사학위논문, 2, 1998.
3. 남상일, "재생골재콘크리트의 공학적특성에 관한 실험적 연구", 충남대학교 박사학위논문, 10, 1994.
4. Tavakoli, M and Soroushian, P, "Strength of Recycled Aggregate Concrete Made Using Field-Demolished Concrete as Aggregate", *ACI Materials Journal*, Vol. 3, 1996.