

유리병 파쇄 혼입 콘크리트의 강도 특성

김수건 · 손기상

서울산업대학교 안전공학과

1. 서론

콘크리트에 사용되는 재료들은 특성진전에 따라 콘크리트의 경제성에 따른 고내구성은 비교적 용이하게 되었고, 콘크리트 구조물도 대형화, 다양화, 고급화되어 특수한 용도로서의 사용이 늘어나고 있다. 여기에 주안점을 두어 음료병을 파쇄하여 콘크리트에 혼합했을 때 강도에 미치는 영향과 강도 특성을 알아보기 위한 것이다.

현재 국내에서 발생하는 음료병은 해마다 증가하고 있으며, 재활용을 위해 많은 노력을 하고 있다. 하지만 그냥 버려지는 음료병들이 많이 있기에 환경오염에 원인이 되며 또한 비용이 많이 들기 때문에 재활용 방안을 착안해서 실험을 하였다.

음료병 배합 콘크리트 시험시 비록 실린더 몰드일지라도 보통 콘크리트의 경우와 다른 특성을 관찰하고자 하였고, 강도 측면에서 증진되는지 아니면 콘크리트가 부족한 인장 및 탄성 기타 특성을 관찰하고자 하였다.

본 실험은 유리병을 썩은 콘크리트를 실제의 구조물에서 시공될 때 설계 가정한 압축강도 및 인장강도 변화에 따른 품질을 알아보기 위함이다.

2. 실험개요

2.1 실험계획

사용되어진 음료병을 수집해서 술병과 음료병으로 구분한 후 병에 붙어있는 상표를 벗겨내고 음료병을 파쇄하여 콘크리트에 배합하였다. 재료의 투입은 콘크리트의 종류나 배합 등에 의해 상이하나, 신속하고 균일하게 되도록 하였다. 배합된 음료병의 크기는 6mm 체를 이용해서 분말~0.6cm로 하였으며, 재료의 분리 방지를 위하여 믹서에 혼합한 콘크리트를 깨끗하게 하고, 철판위에 옮긴 후 흙손으로 재 혼합하였다.

본 실험에서 음료병 배합비 변수는 Normal(음료병을 혼합되지 않은), 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 10% 총 7가지의 변수로 하여 압축강도와 인장강도를 각각 3개씩 28일 강도 테스트를 하였다. 시험체는 압축강도 측정에 널리 사용되는 공시체 $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ 를 각각 3개씩 제작하여 실험을 하였다.

2.2 사용재료

표1. 콘크리트의 배합비

성분	Cement	Water	Fine Aggregate	Coarse Aggregate	Total Weight	W/C
Weight	12.41kg	7.95kg	35.85kg	43.79kg	100kg	0.64

1) 시멘트

본 시험에서는 KS L 5201에 적합한 S사의 비중 3.15인 1종 보통 포트랜드 시멘트를 사용하였다.

표2. 시멘트의 화학성분

성분	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Ig-loss
Weight(%)	62.1	20.3	6.83	3.3	3.2	2.3	0.12	0.85	1.0

2) 골재

본 시험에 사용된 골재는 #4체로 체가름 하였고, 굵은골재는 최대입경이 25mm인 쇄석을 사용하였으며, 배합설계시 표면건조 포화상태를 유지하였으며 골재의 물리적 특성은 표3과 같다.

표3. 골재의 물리적 특성

구분 \ 시험항목	표건비중	흡수율(%)	마모율(%)	조립율(F.M)
잔골재	2.43	1.95	-	3.00
굵은골재	2.64	0.83	21.5	7.12

3) 물

물은 기름, 산, 유기불순물, 혼탁물 등 콘크리트 품질에 나쁜 영향을 미치는 물질의 유해양을 함유해서는 안된 혼합수는 콘크리트의 응결경화, 강도의 발현, 체적변화, 워커빌리티 등의 품질에 저해 요인이 있으면 사용하지 않아야 하므로 시험배합에 사용된 물은 식수 가능한 지하수를 사용하였다.

4) 혼화제

혼화제로 사용한 플라이애시는 KS L 5405 (플라이애시)에 적합한 것으로 하였다. 콘크리트의 혼화제로 적절하게 사용하면 콘크리트의 워커빌리티를 개선하여 단위수량을

감소시키고, 수화열로 인한 온도상승을 감소시킬 수 있고, 장기강도를 증가시킬 수 있으며, 수밀성 증대 및 화학적 침식에 대한 내구성 증대효과를 기대할 수 있다.

6) 유리병

본 시험에 사용한 유리병의 크기는 분말~6mm로 하였으며, 변수는 Normal(아무것도 혼입하지 않은), 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 10%로 하였으며, 유리병의 물리·화학적 특성은 표5와 같다.

표4. 유리병의 조성

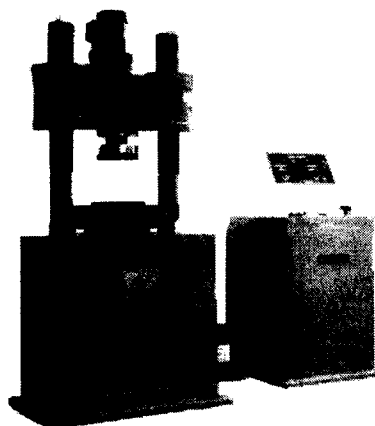
화학생분	SiO ₂	Na ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	SO ₃	Fe ₂ O ₃
시료(%)	71±1	12.10	8.91	4.04	1.47	0.83	0.24	0.07

2.3 몰드제작 및 시험방법

실험의 정확성을 위해 국내의 D레미콘 회사에서 직접 몰드를 제작하였고, 공시체는 성형후 36시간 경과후 모울드를 제거하였고, 실험 전까지 21±2℃의 온도에서 습윤상태로 양생하였다. 콘크리트의 압축강도 시험을 시험규격 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 따라 재령별(28일, 91일)로 강도 테스트를 변수별로 3개씩 실험을 하였다. 또한 원주공시체를 할열시키는 인장강도시험은 KS F 2433(콘크리트의 인장강도시험 방법)에 따라 변수별로 3개씩 실시하였다. 본 실험에 사용되어된 강도시험기기 모델명은 HCT-D300이다. (표5참조)

표5. 압축강도 실험기기 세부사항

모델명	HCT-D300
형식	유압디지털 지시방식
최대용량	300tf
최소표시단위	10kgf
분해능	1/30,000
가압방식	전동유압식
시험속도조절	Load Control Valve
압축시험거리	100~650mm
지주간격	690mm
시험행정	150mm



3. 실험결과

표6. 음료병 배합 강도실험 결과표(28일)

실험 체 번호	배합설계	중량 (음료병)	몰 드 수	28일 강도 실험		비고
				압축	인장	
				3	3	
①	Normal	0.0kg (6개당)	1	288	69	6개
			2	290	71	
			3	285	69	
			평균	287.7	69.7	
②	Mix Design 1.0% (0.03×6)	0.18kg (6개당)	1	293	69	6개
			2	291	69	
			3	288	73	
			평균	290.7	70	
③	Mix Design 2.0% (0.06×6)	0.36kg (6개당)	1	303	72	6개
			2	298	67	
			3	303	68	
			평균	301.3	69	
④	Mix Design 3.0% (0.09×6)	0.54kg (6개당)	1	306	67	6개
			2	304	69	
			3	299	71	
			평균	303	69	
⑤	Mix Design 4.0% (0.12×6)	0.72kg (6개당)	1	328	68	6개
			2	320	69	
			3	319	74	
			평균	322.3	70.3	
⑥	Mix Design 5.0% (0.15×6)	0.9kg (6개당)	1	347	67	6개
			3	339	67	
			3	345	68	
			평균	343.7	67.3	
⑦	Mix Design 10.0% (0.3×6)	1.8kg (6개당)	1	260	63	6개
			2	253	64	
			3	254	62	
			평균	255	63	

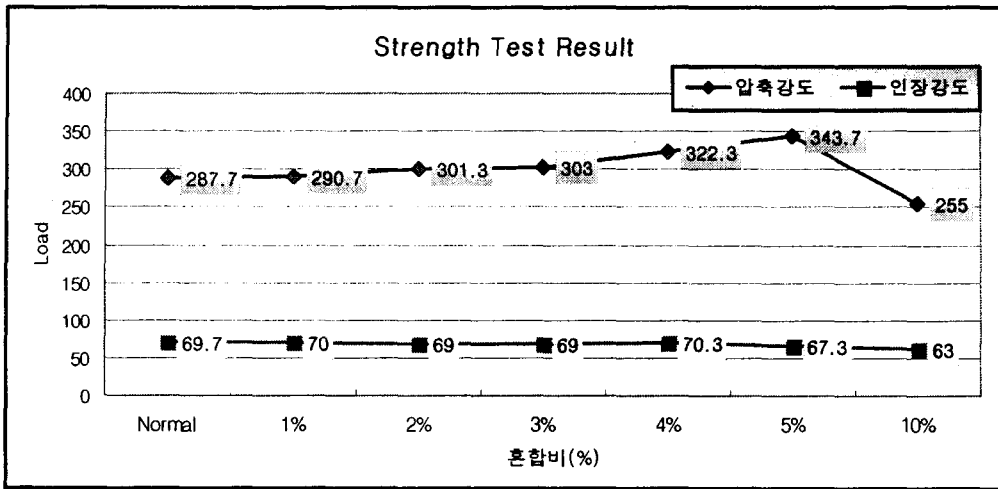
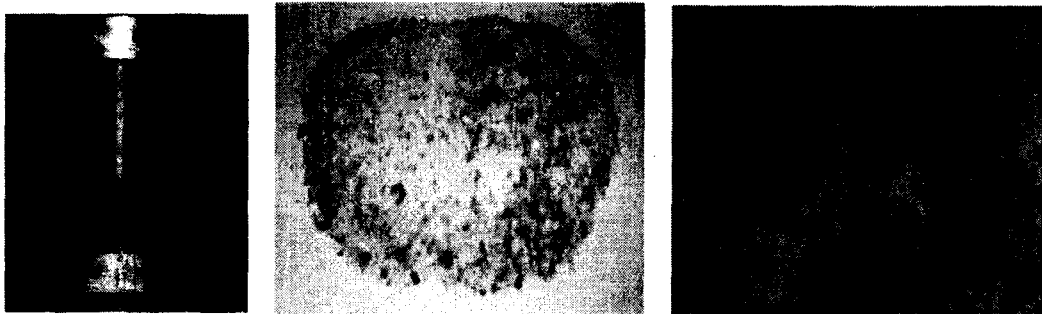


Fig1. 변수별 강도변화 그래프(28일 압축, 인장)강도



(3) Normal

(1) 파쇄된 음료병 모습

(2) 배합비 10% 내부 모습

Fig2. 실험 사진

4. 분석

- 1) 음료병을 혼입한 콘크리트는 5%까지 공기량과 슬럼프의 변화가 거의 없었다.
- 2) 음료병을 혼입한 콘크리트는 일반몰드와 비교했을 때 압축강도가 5%까지 조금씩 향상되다가 10%부터 감소하기 시작하였다.
- 3) 유리병은 취성이 강하므로 인장강도에 영향을 미칠 것으로 생각했으나 인장강도는 혼합비가 높아도 거의 변화가 없었다.
- 4) 음료병 혼합이 증가할수록 인장강도는 압축강도 보다 강도의 감소가 상대적으로 적게 나타났다.
- 5) 음료병 혼합 콘크리트의 경우 건물에 따라 품질의 유동이 다르기 때문에 건조수축의 영향을 받는 곳이나 구조물 콘크리트의 사용은 피하는 것이 바람직하다고 판단된다.
- 6) 음료병 혼합 5%까지는 강도 개선이 최고 20%까지 나타났고, 10%이상부터는 서서히 강도가 감소하였다.

5. 결 론

이상의 실험결과와 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 강도저하의 요인은 음료병 입자가 증가함에 따라 접촉면에서 미세한 공극이 형성되어 그 부위에 응력이 집중하기 때문이라 판단된다.
- 2) 더 많은 실험을 거쳐야 하지만 음료병을 어느 정도 혼합해서 사용하면 강도가 증가된다는 것을 알 수 있었다.
- 3) 음료병 혼합 콘크리트는 배합이 어느 정도 잘 되었지만 강도와 파괴에너지가 감소하므로 이들의 부착력을 증진시킬 수 있는 결합재의 개발이 필요할 것으로 생각된다.
- 4) 건물의 주요부위가 아닌 일반 바닥이나 보도블록에 사용할 때에는 5%까지는 사용해도 재활용 차원에서 용이하다고 판단된다.

참고문헌

1. F. Pruckner and O. C. Gjorv, "Electrical Resistivity for Evaluation of Concrete Corrosivity", Canadian Institute of Civil Eng. 2000. June, pp.2070-2078
2. Andrew H. Buchanan, "Structural Design for Fire Safety", pp.127-168
3. E. Hammond and T. D. Robson, "Comparison of electrical properties of various cements and concretes", The Engineer, Jan. 21. 1955, pp.78~80
4. 정영수, 배수호, 석윤희, "재생유리를 혼입한 모르타르의 특성에 관한 실험적 연구", 한국콘크리트학회지, 제10권 2호, 1998, pp.36~41
5. 김인배외 2인, "폐콘크리트를 이용한 시멘트 벽돌로의 재활용", 제16권 제1호, 한국 폐기물 학회지, 1999. 1, pp.22 ~28
6. 조기홍, "재생콘크리트의 압축강도에 관한 연구", 호남대학교 대학원 석사학위논문, 1999, pp.9-25
7. 박정일, "건설폐기물의 재활용에 관한 기초적 연구", 충남대학교 대학원 석사학위논문, 1994, pp.24-32