

유리병 파쇄 혼입 콘크리트의 온도변화 특성

김수진, 손기상
서울산업대학교 안전공학과

Glass bottl mixing concrete temperature change quality

KIM Soo Kun, Son Ki Sang

Dept. of Safety Engineering Seoul National University of Technology

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 온도 변화에 따른 강도 특성을 알아보기 위한 것이다. 일반적으로 콘크리트가 가열되면 강도 및 탄성계수는 감소한다. 이것은 콘크리트를 구성하는 각 성분의 열특성 때문이며, 그 변화는 단순하지가 않지만 주로 콘크리트 내부의 수분 증발로 인한 시멘트 페이스트의 수축과 골재의 팽창에 의해 생기는 것이다. 콘크리트 재료 특성을 압축강도, 인장강도만으로 결정, 단정할 수 없으나 여러 가지 제약을 받는 조건 하에서 가장 중용한 요소인 온도 변화에 따른 강도특성 변화를 알고자 하는 것으로 하였다. 유리병을 썩은 콘크리트를 실제의 구조물에서 시공될 때 설계 가정한 압축강도 및 온도 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 하였다. 화재발생시 발생할 수 있는 온도인 300, 500, 800℃를 가정하여 온도 변화에 따른 특성을 알아보기 위하여 1시간동안 온도를 유지한 후 냉

각시켜 기존의 콘크리트 강도와 유리병 배합 콘크리트강도의 변화를 알아보는 것으로 하였다.

2.2 사용재료

표 1. 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.

표 2. 시멘트의 화학성분

성분	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	lg-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 쇠석을 사용하였으며, 배합설계시 표면건조 포화상태를 유지하였으며 골재의 물리적 특성은 표 3와 같다.

표 3. 골재의 물리적 특성

구분	시험항목	표준비중	흡수율(%)	마모율(%)	조립율(FM)
	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 유해 양을 함유해서는 안되며 혼합수는 콘크리트의 응결경화, 강도의 발현, 체적변화, 워커빌리티 등의 품질 저해 요인이 있으면 사용하지 않아야 하므로 시험배합에 사용된 물은 식수 가능한 지하수를 사용하였다.

5) 혼화재

혼화제로 사용한 플라이애시는 KS L 5405 (플라이애시)에 적합한 것으로 하였다. 콘

크리트의 혼화재로 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, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 10%로 하였으며, 유리병의 물리·화학적 특성은 표 4와 같다.

표 4. 유리병의 화학성분

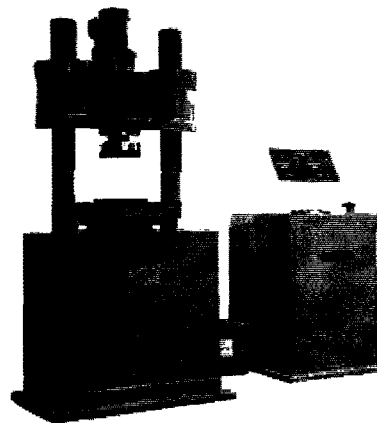
화학성분	SiO ₂	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₂	K ₂ O	Fe ₂ O ₃
시료(%)	71±1	12.10	1.47	8.91	4.04	0.24	0.83	0.07

2.3 몰드제작 및 실험방법

실험의 정확성을 위해 국내의 D레미콘 회사에서 직접 몰드를 제작하였고, 공시체는 성형후 36시간 경과후 모듈드를 제거하였고, 실험 전까지 21±2℃의 온도에서 습윤상태로 양생하였다. 콘크리트의 압축강도 시험을 시험규격 KS F2405(콘크리트의 압축강도 시험 방법)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)

표 5. 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

표 6. 온도변화에 따른 강도실험 결과표(28일)

실험 체 번호	배합설계	중량 (음료병)	물 드 수	28일 강도		온도변화에 따른 강도 실험			비고
				압축	인장	300℃	500℃	800℃	
	φ10×20cm 실린더 재료	0.0kg		3	3	3	3	3	
①	Normal	0.0kg (9개당)	1	288	69	248	187	83	
			2	290	71	253	176	85	
			3	285	69	242	183	80	
			평균	287.7	69.7	247.7	182	82.7	
②	Mix Design 1.0% (0.03×9)	0.27kg (9개당)	1	293	69	256	182	81	
			2	291	69	246	181	85	
			3	288	73	251	175	83	
			평균	290.7	70	251	179	83	
③	Mix Design 2.0% (0.06×9)	0.54kg (9개당)	1	303	72	260	173	83	
			2	298	67	255	182	80	
			3	303	68	253	176	86	
			평균	301.3	69	256	177	83	
④	Mix Design 3.0% (0.09×9)	0.81kg (9개당)	1	306	67	262	178	78	
			2	304	69	253	170	80	
			3	299	71	256	173	83	
			평균	303	69	257	173	80	
⑤	Mix Design 4.0% (0.12×9)	1.08kg (9개당)	1	328	68	267	170	78	
			2	320	69	260	161	75	
			3	319	74	262	165	71	
			평균	322.3	70.3	263	165	74.7	
⑥	Mix Design 5.0% (0.15×9)	1.35kg (9개당)	1	347	67	272	156	60	
			3	339	67	260	150	68	
			3	345	68	266	153	62	
			평균	343.7	67.3	266	153	63	
⑦	Mix Design 10.0% (0.3×9)	2.7kg (9개당)	1	260	63	201	140	36	
			2	253	64	208	129	30	
			3	254	62	203	136	32	
			평균	255	63	204	135	32.7	

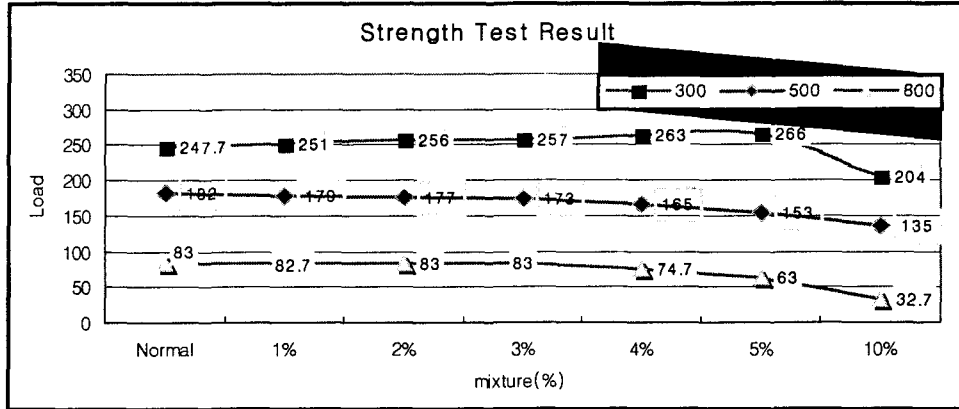


Fig 1. 온도변화에 따른 강도변화 그래프(압축, 인장)

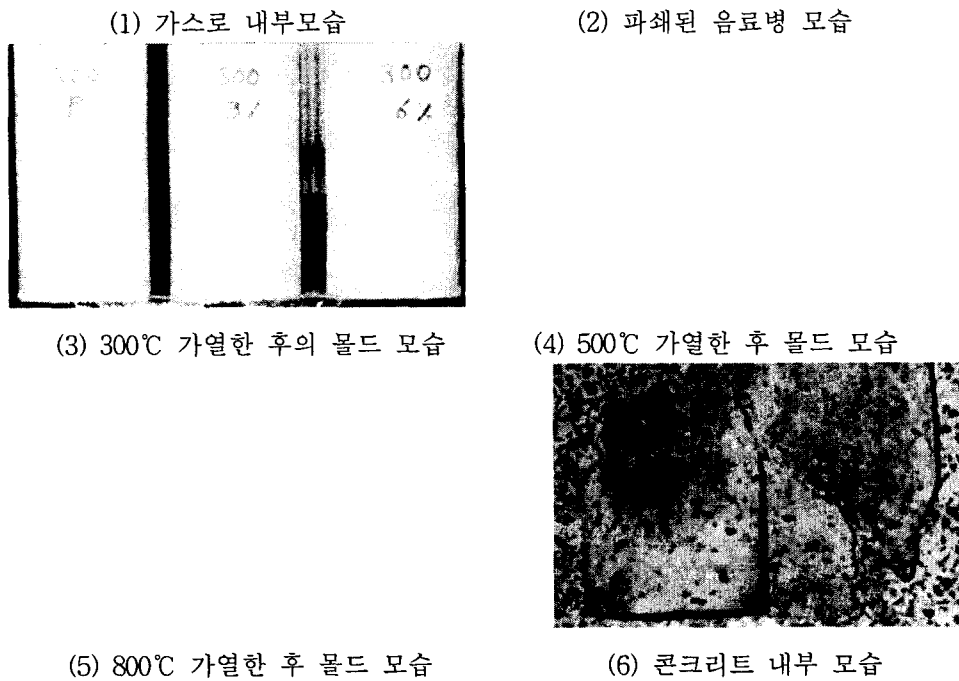


Fig 2. 온도변화에 따른 음료병 혼입 실험 사진

4. 분석 및 고찰

- 1) 일반적으로 노출온도가 높아짐에 따라 그리고 콘크리트 혼입된 양에 따라 압축강도는 다르게 나타났다.
- 2) 음료병을 혼입한 콘크리트는 5%까지 공기량과 슬럼프의 변화가 거의 없었고, 6%이상부터는 공기량만 미세한 변화를 보였다.
- 3) 300℃에서는 물들의 색깔의 변화와 균열이 발생하지 하지 않았지만 500℃부터 물드 색깔이 변화하기 시작하고 균열이 발생하였으며 800℃에서는 물드의 색깔이 연한 연분홍색으로 변화하였고, 균열은 심하게 발생하였음.
- 4) 300℃에서는 캡핑한 부분에 부분적인 균열이 발생하였고, 500℃에서는 캡핑부분 전체에 균열이 발생하였고, 800℃에서는 캡핑한 부분이 다 부서져 버렸음.

5. 결론

- 1) 온도가 높을수록 일반모드와 비교했을 때 강도 감소가 심하게 나타났으며, 배합비가 높을수록 고온에서의 강도는 현저히 낮게 나왔다.
- 2) 음료병 혼합 5%까지는 강도 개선이 최고 20%까지 나타났고, 6%이상부터는 서서히 강도가 감소하였다.
- 3) 음료병 혼합 콘크리트는 배합비율이 높아도 일반 콘크리트와 비교했을 때 강도의 편차가 크지 않았으며, 그리고 인장강도 역시 큰 차이가 나타나지 않았다.
- 4) 일반모드와 음료병 혼합 콘크리트를 온도에 따른 강도를 비교했을 때 300℃에서는 13% 감소하였고, 500℃에서는 35%, 800℃에서는 70% 감소하였다.

참고문헌

1. Andrew H. Buchanan, "Structural Design for Fire Safety", pp.127-168
2. Schnieer U., "The Effect of Temperature on the Compressive Strength of Concrete", Magazine of Concrete Research, Vol.8, No.23, pp.84, 1956
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. Yamas, S.F, "Waste Concrete as Aggregate for New Concrete", ACI Journal, Augst 1997, pp.26-35
5. 정영수, 배수호, 석윤희, "재생유리를 혼입한 모르타르의 특성에 관한 실험적 연구", 한국콘크리트학회지, 제10권 2호, 1998, pp.36~41