

# 온도 변화에 따른 탄소 콘크리트 강도 특성

권성대 · 이근오\* · 손기상\*

건설레미콘 · \*서울산업대학교 안전공학과

## 1. 서론

콘크리트 구조물은 대형화, 다양화, 고급화되어 특수한 용도로서의 사용이 늘어나고 있다. 여기에 주안점을 두어 탄소를 콘크리트에 혼합했을 때 강도에 미치는 영향과 온도 변화에 의한 강도 특성을 알아보기 위한 것이다.

시행착오 방법을 사용하여 콘크리트에 배합을 해나가는 과정으로 배합비를 처음 소량에서부터 점점 증가시켜나가는 방법을 택하였다. 배합에서 비 숙련에 의한 오차를 줄이기 위해서 K 건설레미콘에서 20년 경력자에 의해서 배합관리 되었고  $18^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  자동 온도 조절기에 의해서 양생되었다. 화재시 발생할 수 있는 콘크리트 강도 변화에 대해서 정확하게 측정을 할 수는 없지만,  $300^{\circ}\text{C}$ ,  $500^{\circ}\text{C}$ ,  $800^{\circ}\text{C}$ 의 조건을 주었을 때 얼마나 강도가 변하는지 알아보기 위해서 실험을 하였다.

탄소 콘크리트 실험시 비록 실린더 몰드일지라도 보통 콘크리트의 경우와 화재로 인한 열화 콘크리트의 경우 다른 특성을 관찰하고자 하였고, 강도 측면에서 증진되는지 아니면 콘크리트가 부족한 인장 및 탄성 기타 특성을 관찰하고자 하였다.

## 2. 본론

### 2.1 실험계획

탄소 콘크리트 함량비를 1%~20% 사이에서 온도 변화에 따른 특성을 알기 위해서  $300^{\circ}\text{C}$ ,  $500^{\circ}\text{C}$ ,  $800^{\circ}\text{C}$ 의 온도조건으로 1시간씩 온도를 유지해서 그때의 변화를 일반 탄소콘크리트인 Normal과 비교하는 것으로 하였다. 실험은 배합비 변수마다 3개씩 하였으며, 온도 변화에 따라서는 2개씩 실험을 하였다. 변수의 조건은 Normal, 1%, 1.5%, 2%, 5%, 10%, 20%로 하였다. Table1은 탄소콘크리트의 배합비를 보여주고 있다.

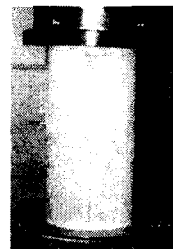


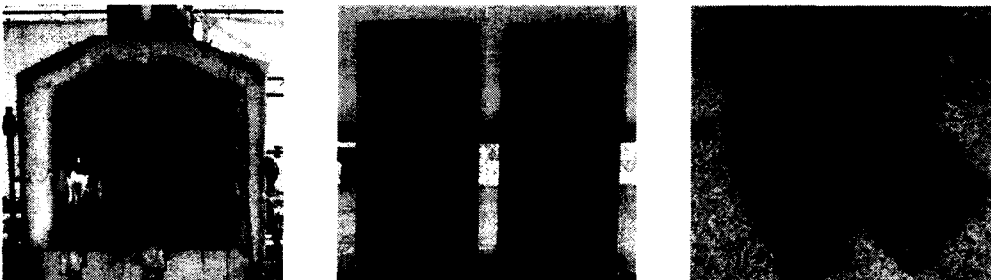
Fig1. 배합비 전체 몰드 사진

Table1. 탄소 콘크리트 배합표

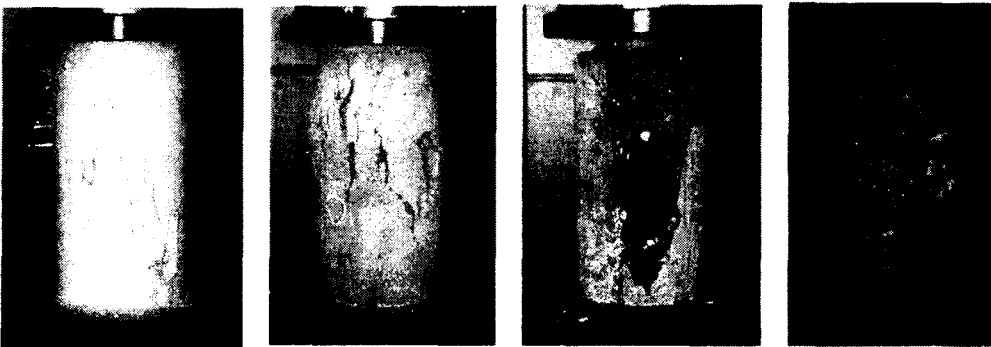
실험체 번호	자갈 2.0mm이하	시멘트	모래	물	철녹	비고
Normal	10.95	3.1	8.95	2.0	0kg	
① 1.0%	10.95	3.1	8.95	2.0	0.25kg	
② 1.5%	10.95	3.1	8.95	2.0	0.375kg	
③ 2.0%	10.95	3.1	8.95	2.0	0.5kg	
④ 5%	10.95	3.1	8.95	2.0	1.25kg	
⑤ 10%	10.95	3.1	8.95	2.0	2.5kg	

## 2.2 실험방법

실험의 정확성을 위해서 국내 K레미콘에서 직접 몰드를 제작 양생하였습니다. 콘크리트의 압축강도 실험을 시험규격 KS F 2405에 따라 실험을 하였다. 실험은 서울 산업대학교 도예학과에서 가스로로 실험을 하였으며, 온도 변화를 주지 않은 몰드의 압축과 인장강도를 먼저 하였고, 그 다음에 온도 변화에 따른 압축강도 실험을 하였다.



(1) 가스로 내부모습 (2) 300℃ 탄소 10%와 Normal (3) 탄소콘크리트 내부모습



(1) Normal 파괴양상 (2) 1.5%파괴양상 (3) 5%파괴양상 (4)가스로나내 파괴양상

Fig1. 실험 몰드와 파괴양상

## 3. 실험결과

Table2. 강도실험 결과표

순 번	배합설계		28일강도		28일 화재실험			비고
	Φ10×20cm 실린더 3개당 재료		압축	인장	300℃	500℃	800℃	
			3	3	2	2	2	
①	Normal	1	331	103	311	282	파괴되지 않았음	
		2	342	90	303	270		
		3	326	97				
		평균	333	96.7	307	276		
②	Mix Design 1.0% by vol (3개당)	1	286	133	420	342		
		2	408	137	415	360		
		3	407	141				
		평균	400.3	137	417.5	351		
③	Mix Design 1.5% by vol (3개당)	1	340	103	343	306	620도 에서부터 몰드가 파괴되기 시작해서 820℃ 에서는 몰드 전체가 파괴 되었음	
		2	338	109	352	297		
		3	351	103				
		평균	343	105	347.5	301.5		
④	Mix Design 2.0% by vol (3개당)	1	318	97	323	250		
		2	339	98	316	262		
		3	346	93				
		평균	334.3	96	319.5	256		
⑤	Mix Design 5% by vol (3개당)	1	291	94	278	211		
		2	293	86	264	230		
		3	279	84				
		평균	287	88	271	220.5		
⑥	Mix Design 10% by vol (3개당)	1	171	66	169	128		
		2	164	66	152	117		
		3	164	61				
		평균	166.3	64.3	160.5	122.5		

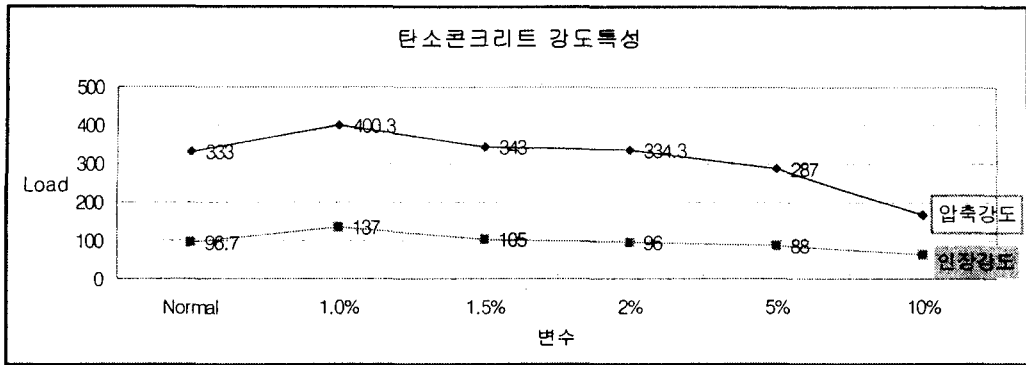


Fig2. 탄소콘크리트 강도 실험 그래프(28일)

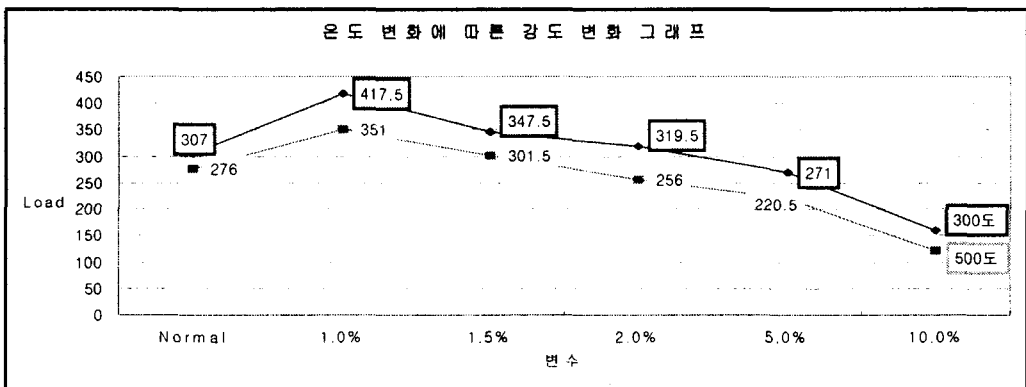
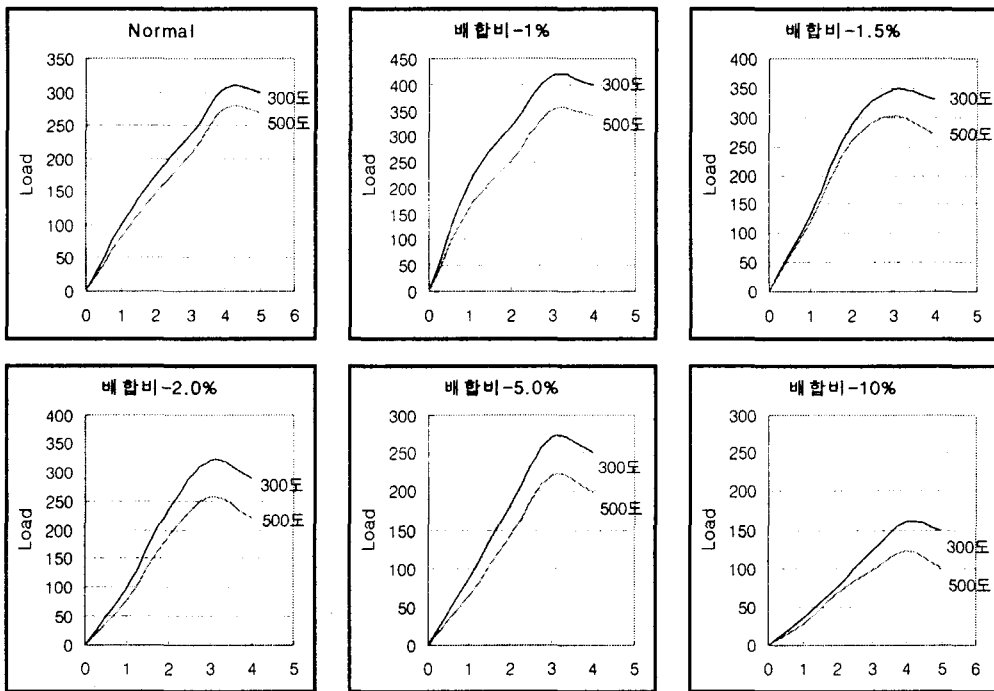


Fig3. 온도 변화에 따른 강도 그래프

#### 4. 분석

- 1) 탄소 배합콘크리트는 탄소의 본래 특성 때문에 생기는 초기강도 증진 높이는 효과가 확인되었다.
- 2) 배합비가 높을수록 슬럼프는 낮고, 공기량은 거의 없었다.
- 3) 배합비 1%와 1.5%는 Normal 보다 강도가 향상되었다
- 4) 500℃에서의 탄소 혼합비 10%는 압축강도시 펍 하며 파괴가 되었다.
- 5) 배합비가 높을수록 콘크리트 몰드의 색이 검정색으로 바뀌었고, 온도가 높을수록 색 깔이 더 진한 검정색으로 변화였다.
- 6) 탄소 배합비 1%, 1.5%, 2%, 5%, 10%는 300℃와 500℃에서 균열 발생이 일어나지 않았지만, 620도부터는 가스로 안에서 파괴가 되기 시작했다.

#### 5. 결론

이상의 실험 결과와 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 탄소 콘크리트는 1.5%까지는 강도 개선이 나타났다.
- 2) 배합비 1%의 탄소콘크리트는 16%증가율을 보였고, 배합비 1.5%는 3%의 증가율을 보였다.
- 3) 온도 변수에 따라서는 300℃는 5%의 증가하였지만, 500℃에서는 12%의 감소율을 보였다. 일반콘크리트에 비해 내부조직 변화가 크게 다른 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. T. Kojima, N. Takagi, Y. Hamada, "Flexural Strengthening of Bridge by using Carbon Fiber Reinforced Polymer Plate", proceedings of 3rd International Conference, 2000. June, pp.1939-1946
2. F. Pruckner and O. C. Gjorv, "Electrical Resistivity for Evaluation of Concrete Corrosivity", Canadian Institute of Civil Eng. 2000. June, pp.2070-2078
3. 정영수, 배수호, 석운호, "재생유리를 혼입한 모르타르의 특성에 관한 실험적 연구", 한국콘크리트학회지, 제10권 2호, 1998, pp.36~41
4. Andrew H. Buchanan, "Structural Design for Fire Safety", pp.127-168
5. Schnieer U., "The Effect of Temperature on the Compressive Strength of Concrete", Magazine of Concrete Research, Vol.8, No.23, pp.84, 1956