

## 화재에 의한 페타이어 혼합 콘크리트강도 변화에 관한 실험적 연구 A Strength Change of the Concrete Mixed with Waste Tyre due to Fire

손기상<sup>†</sup>

Son Ki Sang<sup>†</sup>

서울산업대학교 안전공학과  
(2002. 03. 08. 접수/2002. 06. 03. 채택)

### 요 약

산업체에서 들판에 버려지는 페타이어 경제적으로 재활용하는 방법을 개발하는 것은 아주 중요한 일이다. 이것은 환경 친화적 정책과도 일관성을 갖는 것이다. 페타이어 재료를 사용하는 강도에 초점을 맞춘 연구들이 많이 진행되었다. 이제, 정부의 지원하에 국내에서 여러 가지 상이한 입자크기의 페타이어 재료가 생산되고 있다. 본 연구는 페타이어 혼합 콘크리트가 “화재시 온도에 따라” 얼마나 저항하는지를 밝히는 것이다. 그리고 강도감소율이 얼마인지를 찾아내는 것이다. 이들 관련 결과는 이 분야에 대한 실무적 구조물 적용 방법을 구명하기 위하여 비교되고 있다. 배합비율은 경험과 시행착오 법을 사용하여 결과 중에서 예상되는 확정적인 몇 가지들이 결론에 제시되어 있다. 600도 가열시의 페타이어 배합 콘크리트는 섞지 않은 일반 콘크리트의 경우에 비해 강도 변화가 거의 없었다.

### ABSTRACT

It is very important to find out how to economically recycle waste tyres thrown away from the industry to the field. This one is also consistent with environmentally-friendly policy. Many papers have been produced for focusing on the strength using waste-tyre material. Now, many kinds of particle sizes of waste tyre material are being produced in Korea, with support of the government. This study is to figure out how much the waste tyre mixing concrete resists against temperature at fire and how much decrease rate it shows. All the result are compared here in order to find out the way to applicate it to the practical structure for this area. The mixing proportion rate is selected with an experience and try-and error method. Eventually some of distinctive results are mentioned in the conclusion. The waste tyre concrete heated with 600°C temperature was almost no change of its strength comparing with the normal one.

**Keywords** : Recycle waste tyre, particle size, Decrease rate, Mixing proportion

### 1. 서 론

일반구조물에 이용되는 콘크리트는 화재를 입었을 때 즉 높은 온도에 따라 강도가 급격히 감소되는 것으로 보고 되어왔고, 또한 수십년 동안 국내에서 학습되어왔다.<sup>1-3)</sup>

400도에서 현격히 50%가까이 강도 감소를 보이는 것으로 많은 실험에서 보고 되어왔다. 페타이어 재활

용 차원에서 진행되는 본 연구에서도 국내에서 정부 주도하에 폐기물 처리차원에서 폐기시키는 타이어의 입자별 용도성 재활용 대비로 생산되는 입자별 제품을 이용한 콘크리트별 내화성능을 실험 후 관찰하고, 분석하여 적용가능성 있는 특성을 제시하는 것이 본 연구의 목적으로 하였다. 콘크리트는 철근과 합동으로 구조물을 형성하기 때문에 철근콘크리트에 대한 화재성능을 밝혀야 하지만 재활용 자재 유용성이 더 큰 연구 요소이기 때문에 본 연구에서는 우선 재료에 따른 성능을 밝히고자 한다. 즉 순수(콘크리트+페타이어재)로

<sup>†</sup> E-mail: ksson@snut.ac.kr

이루어진 요소를 실험요소로 제작하였다. 온도상승이 콘크리트 강도에 미치는 영향은 250°C 이하에서는 조금 불규칙하다. 그러나 300°C 이상에서는 강도의 한정적 손실이 발생한다. 만약 높은 온도가 잠시 짧은 기간(즉 1시간)만 있으면, 느린 강도 회복이 생긴다. 온도가 높을수록 강도 손실은 건조 콘크리트에서 보다 습원 콘크리트에서 더 커진다.

재령 14일 이상인 매스양생 콘크리트의 강도는 21~96°C 범위내의 온도 영향은 받지 않는다. 빈 배합 콘크리트는 부배합 콘크리트 보다 강도 손실은 상대적으로 더 낮아진다. 온도전도가 낮은 콘크리트는 내화성능도 개선된다. 즉, 경량 콘크리트가 보통 콘크리트 보다 화재에 더 잘 견딘다.

특히, 하중을 받으면서 열을 받은 콘크리트는 가장 높은 내력을 유지하는데, 열을 받고 있는 하중을 받지 않고 있는 실험체는 계속 냉각되는 콘크리트가 되면서 최저 강도에 이른다.<sup>5)</sup> Nevill은 다음과 같이 콘크리트 화재시 높은 온도에 영향받은 콘크리트 강도감소에 대해 제시하고 있다.<sup>5)</sup>

본 연구에서는 앞서 언급된 바와 같이 보통 콘크리트의 온도에 따른 강도 감소에 대해 재활용 폐자재인 페타이어 콘크리트가 특성을 발휘하는지 실제 배합표에 따라 전기로에서 가열시켜 강도 테스트를 하는 실험하는 연구가 된다.

## 2. 실험방법 및 계획

### 2.1 실험재료

배합은 페타이어 2.0%를 시행하고, 페타이어 성분이 전혀 없는 Normal, 입자크기 0.4 mm, 0.6 mm, 1.2 mm, 2.0 mm, 7.0 mm, 10.0 mm, 그리고 steel 성분이 함유된 입자, 그리고, 탄소가루가 배합된 경의로 하였다. 여기서 배합된 페타이어는 환경부 산하 자원재생공사에

서 생산되는 재료를 구입하여 오차를 줄이기 위해 K. S인가 콘크리트 제작공장(레미콘)에서 제작하였다.

### 2.2 실험방법

방재시험 연구소에 의뢰하여 실시하였다. 이때 가열 작업에서 압축강도 시험까지 일괄적으로 실시하여 신뢰성을 높이고자 하였다. 실험에 사용된 압축강도 시험기는 만능시험기(Universal Testing Machine) 모델명 UH-200A를 이용하였고, 전기로에 몰드를 넣고 가열하기 위한 온도는 섭씨(°C)단위로 세팅하였다. 150도에서 시간 유지 400도에서 1시간 유지한 후 압축강도 테스트를 하도록 하였다. 400도에서는 1시간 유지 후 2시간 경과로 식혀서 아직도 온열이 있는 상태에서 압축강도 시험을 하는 것으로 하였다. 실험시의 온도 150, 400은 페타이어 재료가 배합되지 않은 기존의 콘크리트에 관한 연구에서 단계별 화재시의 온도에 따른 현

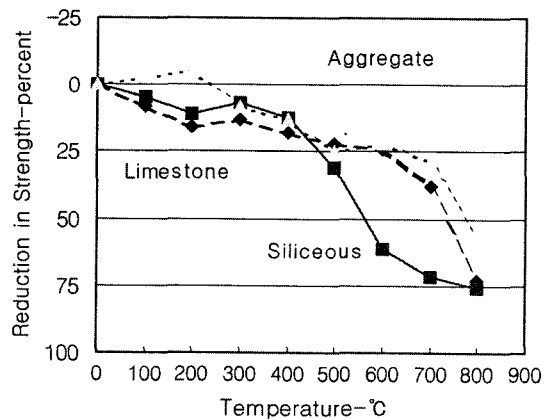


Fig. 1. Reduction in compressive strength of concrete heated without application of load and then tested hot: average initial strength of 28 MPa(4000psi)<sup>5)</sup>.

Table 1. Waste-tyre mixing proportion

Mix Design	Fibre	Coarse	Cement	Fine	Water	Remarks
		Aggregate < 20				
		10.95 kg	3.10 kg			
Mix Design 2.0% by vol Φ10×20 cm	Normal 0.4 0.4~0.6 0.6~1.2 2.0 7.0 10.0 steel	10.95×4 =43.80 kg	3.10×4 =12.4 kg	8.95×4 =35.80 kg	2.00l ×4 =8.0 kg	3 단계 온도 별각 입자 별압축강도 테스트용

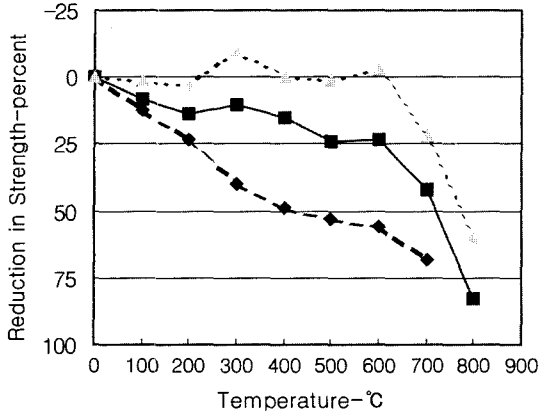
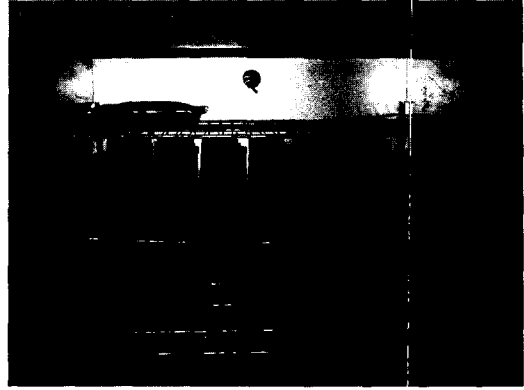


Fig. 2. Reduction in compressive strength of concrete made with limestone aggregate: A heated without application of load and then tested hot, B heated under an initial stress-strength ratio of 0.4 and then tested hot, C heated without application of load and tested after 7 days of storage at 20°C(70°F)<sup>5)</sup>.



Picture 1. Test setup(150°C).



Picture 2. Steel: fracture shape.

Table 2. Strength test results(28)

No		Constant temp	150°C	400°C	600°C
Normal	1	290	276	263.5	151.2
	2				
① 0.4	1	226	213	292.1	93.4
	2				
② 0.6	1	224	201	299.5	100.3
	2				
③ 1.2	1	224	204	218.9	104.6
	2				
④ 2.0	1	231	219.5	187.3	113.3
	2				
⑤ 7.0	1	232	244	263	106.8
	2				
⑥ 10.0	1	233	235	299.6	90.6
	2				
⑦ steel	1	264	253.5	204.9	130.1
	2				

격한 강도 감소 범위를 택한 것으로 본 연구의 예측을 가능케 하기 위한 비교 수단으로 하기 위함이었다.

### 3. 실험결과

페타이어를 혼합한 재료의 입자는 0.4 mm~10.0 mm 까지로 그리고 steel 화이버로 된 것 등 한국자원 재

한국화재·소방학회, 제16권 제2호, 2002년

생공사에서 생산되는 입자들을 모두 배합하여 각 입자 별로 온도별로 압축강도를 실험하였다(Table 2).

### 4. 분석

150°C까지 가열을 했을 때는 가열을 하지 않았을 때와 거의 비슷한 강도 값이 나타나서 열에 의한 강도 손실 영향이 거의 없는 것으로 분석된다. 이에 비해 400도에서는 Normal의 경우에 비해 1.2 mm입자와 2.0 mm입자, steel입자 콘크리트에서 20%정도 감소된 것으로 나타났고, 기타에서는 큰 영향이 없었다. 가열을 했던 몰드는 파괴양상이 일반 몰드 보다 더 심하게 균열이 발생했다.

특이한 사항은 탄소콘크리트는 150°C에서 1시간 동안 가열한 것이 가열하지 않는 탄소콘크리트 보다 강도 값이 더 높게 나타났다. 600도 가열시에는 우선 Normal에서는 약 50% 정도 상온에 비해 감소되었고,

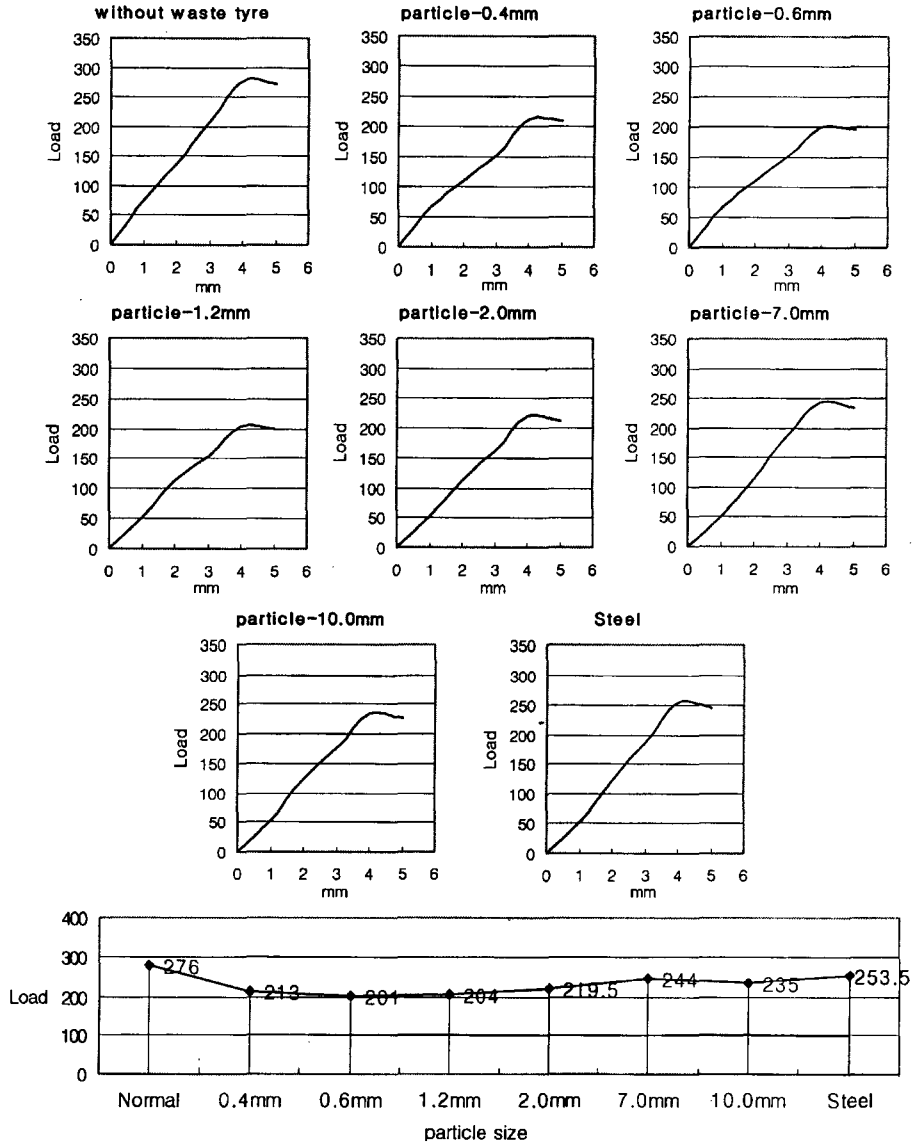


Fig. 3. Relationship between strength and strain.

0.4 mm입자는 60%감소, 0.6 mm입자는 56%감소, 1.2 mm입자는 56%, 2.0 mm입자는 50%, 7.0 mm입자는 54%, 10.0 mm입자는 64%, steel입자는 50% 감소, 비율입자가 다르고 강도 차이가 있음에도 감소비율 차이는 크지 않았다.

### 5. 결 론

이상의 실험결과와 분석을 통하여 다음과 같은 결론

을 얻었다.

- 1) 페타이어 콘크리트는 150°C부터 내부조직 변화가 시작될 수 있다.
- 2) 페타이어 콘크리트 400°C에서 압축강도는 재료입자에 따라 약간의 변화가 있었다.
- 3) 페타이어 콘크리트 600°C에서 전체 입자에 영향은 크지 않고, 약 50~60%범위에서 감소되어 일반 콘크리트 감소 비율에 비해 큰 차이가 나타나지 않았다.
- 4) 가열온도 600도에서 일반 콘크리트와 페타이어

콘크리트와의 화재시 강도 감소비율 차이가 거의 없는 것으로 밝혀졌고 실무 적용시 고려할 수 있다.

### 참고문헌

1. 이태원, "초고층 건물에 있어서의 화재특성과 방재, 소방안전", pp.11-22(1994. 3).
2. 김낙석 외1명, "페타이어 고분말을 이용한 아스팔트 콘크리트 혼합물의 성질에 혼합물의 성질에 대한 실험적 연구", 대한토목학회, pp.65-68(1997. 10).
3. 김재욱, 김유목, 정환욱, 문장수, "페타이어 분말을 혼입한 루버 콘크리트의 특성에 관한 연구", 대한건축학회, 제12권, 제6호, pp.56-61(1996).
4. 최경수, 박동화, "열플라즈마에 의한 페타이어의 열분해 공정에서 가연성가스생성", CLEAN TECHNOLOGY (1999).
5. A. M Neville, "Resistance of Concrete to Fire and Influence of Temperature on Strength", Properties of Concrete, Pitman publishing co. uk, pp.498-50(1981).
6. Gray R. Mass and Others, "Guide for Selecting Properties for High Strength Concrete with Portland Cement and Fly Ash", ACI Materials Journal, May-June, pp.223-230(1993).
7. K. Theisen, "Relationship between Gypsum Dehydration and Strength Development in Portland Cement", Zement-Kalk-Gips, No.10, Toronto, pp.9-27(1993).