

# 폐타이어 혼입물에 따른 콘크리트 강도 변화에 관한 실험적 연구

손기상

서울산업대학교 안전공학과  
(2002. 1. 22. 접수 / 2002. 10. 28. 채택)

## Strength Properties of Waste-tyre Recycling Concrete

Ki-Sang Son

Department of Safety Engineering, Seoul National University of Technology  
(Received January 22, 2002 / Accepted October 28, 2002)

**Abstract :** There will be a big problem in disposing of waste tyre coming from the cars. Because many of these have been thrown away to the field and environmentally polluted. New, We need to find out how to dispose or recycle these waste material. It is thought that recycling this material especially mixing with concrete will be a good idea. This study is focused how each material do its behavior due to the size of waste type particle and its amount into concrete material. 0.4mm~10mm range of particle has been applied to the material : Also, 1.0%, 1.5%, 2.0% range of tyre particle proportion has been applied to make cylinder molds. The concrete mold with waste-tyre particle has vibration-absorbing ability. It is found that 0.4~0.6mm particle mixing concrete has been more solid organized. And this waste tyre material could be applied to the general concrete, it is found.

**Key Words :** waste-tyre particle, compressive strength, split tensile strength, waste-tyre mixing proportion, elastic phenomena, vibration-preventive structure

### 1. 서 론

국내의 자동차 보유대수 1천만 대를 돌파한 우리나라에는 매년 2000만개의 폐타이어가 배출되고 2002년 3800만개 이상이 쏟아져 나올 전망이어서 적절한 재활용 방법을 찾기 위한 연구들이 진행되어 왔다<sup>5)</sup>. 국가차원의 자원 재활용을 위해 자원재생 공사 시화공장에서 많은 기여를 하고 있고, 단순히 파쇄하기 보다는 철성분(=철사)을 골라내고, 나머지고무성분을 0.4이하(=40메쉬), 0.4~0.6mm(30~40메쉬), 0.6~1.2mm(16~30메쉬), 2.0mm(=10메쉬), 7.0mm, 10.0mm (아스팔트 콘크리트 용) 6가지 입자별로 생산하여 각각의 용도별로 처리하여 재활용되고 있다<sup>5)</sup>. 폐타이어 아스팔트는 미국은 물론 국내에서도 도로포장 실용화에서 성능을 인정받았고<sup>5)</sup> 영국에서는 폐타이어 중에서 철심만 별도로 분리하여 콘크리트에 혼입하고 나머지는 기름으로 분리하여 별도로 사용하고 있다.

입자 10.0mm는 폐타이어 콘크리트에 첨가제로 사용되고 많은 도로 아스팔트 시공실적을 내고 있다. 기존 생산 입자별 6가지 외에, 본 연구에 추가인 자로서 철성분이 그대로 있는 폐타이어 즉, 별도 분리작업 없이 파쇄한 상태 그대로 철사들이 엉켜진 상태대로 별도 제작하여 콘크리트에 첨가하여 각 특성들 총 7가지 종류에 대한 콘크리트와 배합된 재료의 여러 특성들 중에서 강도 특성을 제시하고자 한다.

### 2. 실험계획

콘크리트 강도 특성을 위한 실린더 모울드는  $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$  크기로 제작하여 압축강도 3개 평균, 할열강도 3개 평균값으로 비교하는 것으로 하였다.

압축강도는 KS F 2405, 할열강도 KS A 2423 시험방법에 따라 시행하였으며, 3장에서 결과 분석을 하였다. 즉 각 입자별 강도 비교를 하는 것으로 하였다.

**Table 1.** Basic mixing design for waste-tyre mixing concrete

Mix Proportion		
Material	Wt/100 kg	less than 0.4mm = 40mesh
Cement	12.41 kg	0.4~0.6mm = 30~40mesh
Water	7.95 kg	0.6~1.2mm = 16~30mesh
Fine Aggregate	35.85 kg	2.0mm = 10mesh
Coarse Aggregate ≤ 20	43.79 kg	7.0mm = for Asphalt Concrete Use
Total Weight	100 kg	10mm = for Asphalt Concrete Use
W/C	0.64	steel = 1~10mm

**Table 2.** Volume proportion for waste-tyre mixing concrete

Mix Design	Fibre (kg)	Coarse Cement		Fine (kg)	Water (kg)	Toal Weight (kg)	
		Aggregate(kg) ≤ 20	Aggregate(kg) ≤ 20				
MD(0.0% f. by vol)	0.0	484	137	395	83	1099(kg/m <sup>3</sup> )	
Mix Design 1.0% by vol	0.25kg	0.4mm	484	137	395	83	1099(kg/m <sup>3</sup> )
	0.4~0.6mm	484	137	395	83	1099(kg/m <sup>3</sup> )	
	0.6~1.2mm	484	137	395	83	1099(kg/m <sup>3</sup> )	
	2.0mm	484	137	395	83	1099(kg/m <sup>3</sup> )	
	7.0mm	484	137	395	83	1099(kg/m <sup>3</sup> )	
	10.0mm	484	137	395	83	1099(kg/m <sup>3</sup> )	
	steel	484	137	395	83	1099(kg/m <sup>3</sup> )	

### 3. 실험결과

각 실험 인자별 실험체 개수는 3개씩 평균값으로 표시하였다. 철성분 유무에 따른 페타이어 혼입률에 따른 강도변화를 Fig. 1에 나타내었다. 실린더 모듈드는 최종 1주일 강도를 테스트하여 짧은 시간에 많은 인자들에 대한 결정을 내려 필요한 연구 방향을 조기에 파악하여 유용한 방향으로의 연구 지속을 고려하였으며, 이때 K 레미콘 공장에서의 양생조에 부착된 자동온도조절기 시스템 하에서 17° ± 2°C로 양생 완료하였다.

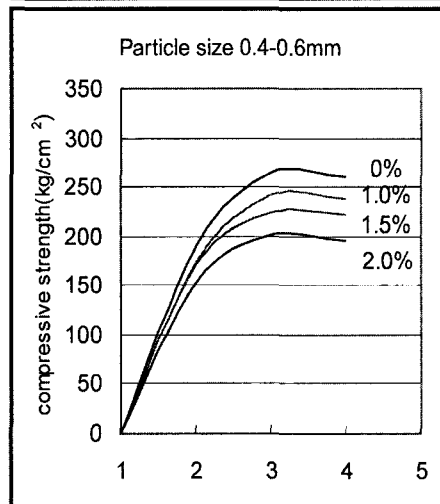
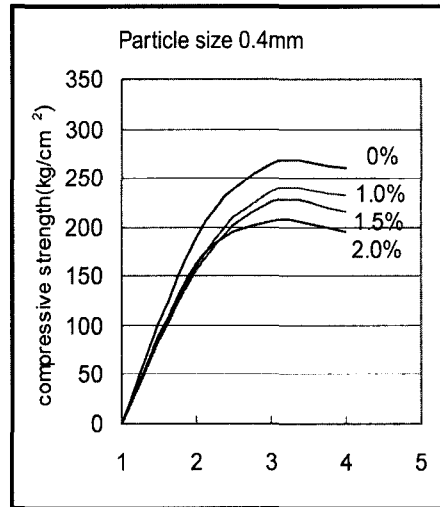
**Table 3.** Strength test for waste-tyre mixed concrete

mixing proportion	Compressive Strength						splitting tensile strength $\phi 100 \times 200$			
	Pu(kg/cm <sup>2</sup> )-7day			Pu(kg/cm <sup>2</sup> )-28day			Qty	Pu(kg/cm <sup>2</sup> )-28day		
	1.0%	1.5%	2.0%	1.0%	1.5%	2.0%		1.0%	1.5%	2.0%
Normal(%)	208	199	137	264	261	256	3	95	100	96
0.4mm	157	182	152	236	226	205	3	89	73	82
0.4~0.6mm	189	172	133	242	225	201	3	102	82	84
0.6~1.2mm	197	186	152	251	225	201	3	107	83	81
2.0mm	200	197	167	258	231	224	3	89	75	79
7.0mm	207	186	158	265	233	216	3	106	105	98
10.0mm	192	195	169	276	233	222	3	109	102	102
Steel	220	203	180	258	253	248	3	95	105	98

타이어 파쇄 입자들이 작기 때문에 상호 작용을 고려하여 굵은골재 입자도 20mm이하로 제안하였다. 철성분이 함유된 페타이어 콘크리트는 약 15% 정도 7일 강도가 높게 나타났고, 인장강도에서는 약 9% 높게 나타났다. 페타이어 배합 실험체에 재하된 하중을 제거시 파괴된 후에도 0.4mm 상승하여 거의 원위치 하였다.

할열강도 시험에서는 Normal 96kg/cm<sup>2</sup>인데, 7.0 mm, 10.0mm 페타이어입자, 높은 102kg/cm<sup>2</sup> Steel 혼입입자 98kg/cm<sup>2</sup>만이 높게 나타났다.

압축강도 결과에서는 1.0%의 페타이어 혼입시에 서만 7.0mm입자, 10.0mm입자 265, 276kg/cm<sup>2</sup>로서 Normal 264kg/cm<sup>2</sup>에 비해 높게 나타났다.



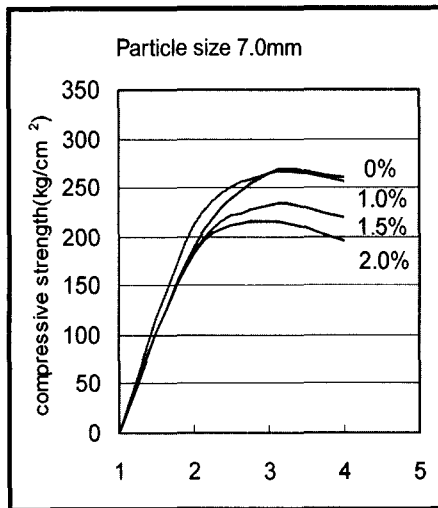
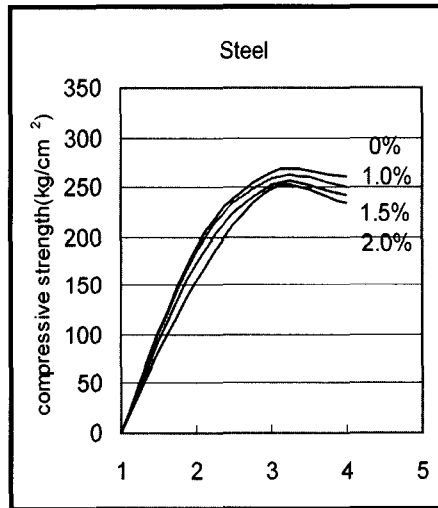
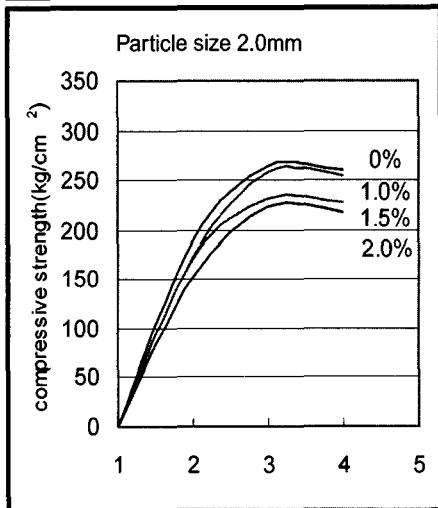
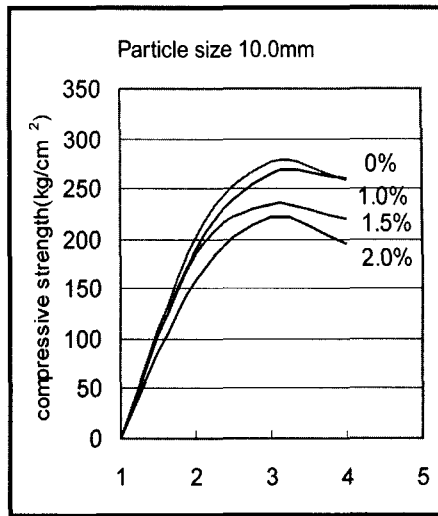
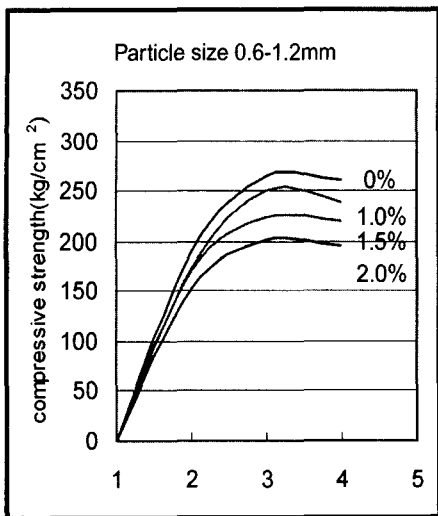
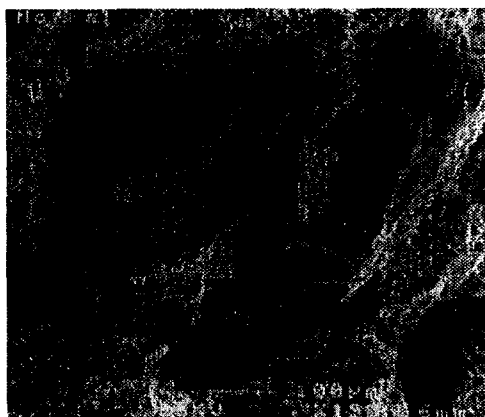
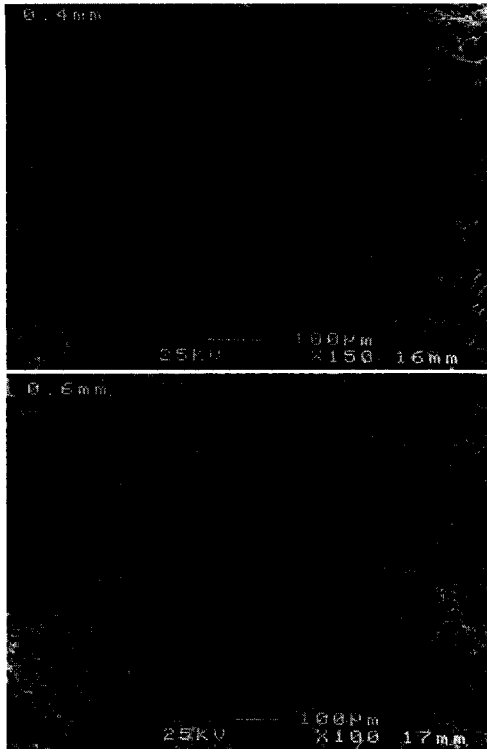


Fig. 1. Compressive strength varying with waste-tyre mix proportion





Picture. 1. Microstructure of waste-tyre concrete taken by SEM

Normal(0%) 콘크리트는 큰 공극에 비해 입자가 가장 작은 0.4mm는 공극이 거의 없고, 조금 큰 0.6mm는 그보다 조금 큰 조직 변화를 보이고 있다.

#### 4. 분석

- 1) 페타이어 고무성분 입자가 0.4mm 이하인 경우가 기타의 경우보다 7일 압축강도에서 더 높게 나타났다.
- 2) 철 성분이 있는 경우 인장 강도가 일정부분 높게 나타났다.
- 3) 페타이어에 배합 콘크리트의 하중 제거시 탄성 현상은 진동흡수 성능을 가질 수 있다.
- 4) 페타이어 혼입량에 관계없이 1.0%, 1.5%, 2.0%에서 7.0mm, 10.0mm Steel 혼입 입자에서 Normal에 비해 큰 강도 값을 나타내고 있다.
- 5) 압축강도결과에서는 7.0mm 265kg/cm<sup>2</sup>, 10.0mm 276kg/cm<sup>2</sup> Steel 혼입 페타이어입자의 258kg/cm<sup>2</sup>만이 1.0%에서 Normal에 비해 높게 나타났다. 그러나 이보다 조금 더 배합한 1.5%, 2.0%에서는 모든 입자에서 Normal보다 작은 것으로 나타났다.

6) 기존 콘크리트에 페타이어를 소량 첨가하는 것과 달리 골재의 일부를 대체하는 방식의 실험 연구는 훨씬 더 많은 난관이 따를 것이다.

7) Normal에 비해 페타이어 배합콘크리트의 조직이 미세하게 분배되는 것으로 조직사진에서 밝히고 있다.

8) 치밀한 조직을 위해서는 미세입자가 콘크리트에 배합될수록 필요함을 확인하였다.

#### 5. 결론

이상과 같은 실험과 분석에 의하여 다음과 같은 결론을 갖게 되었다.

- 1) 재생되는 페타이어 중 0.4mm 고무성분의 입자가 가장 크므로 미세할수록 압축강도 증진에 효과가 있는 것으로 사료된다.
- 2) 페타이어 고무성분 배합시 생기는 탄성 현상으로 진동방지 구조물에 적용할 수 있다.
- 3) 페타이어 열성능을 갖고 있어 페타이어 콘크리트의 내구성만 보완하면 주택 바닥에 적용될 수 있다.

감사의 글 : 이 논문은 국립서울산업대학교 학술연구비 지원에 의해 시행되었음.

#### 참고문헌

- 1) 김인배외 2인, “폐콘크리트를 이용한 시멘트 벽돌로의 재활용,” 제16권 제1호, 한국폐기물 학회지, 1999. 1, pp. 22 ~ 28
- 2) 박주량외 2인, “페타이어 재활용을 위한 GRT/HDPE 복합체에 대한 연구(1),” 제13권 제6호, 한국폐기물 학회지, 1996. 11, pp. 699~707
- 3) 박주량외 2인, “페타이어 재활용을 위한 GRT/HDPE 복합체에 대한 연구(2),” 제15권, 제6호, 한국폐기물 학회지, 1998. 9, pp. 1~8
- 4) 양석준외 3인, “페타이어 열분해로부터 생성된 카본블랙의 특성,” 제15권, 제6호, 한국폐기물 학회지, 1999. 1, pp. 604~615
- 5) 유닉스라바, “고무아스팔트 관련법률,” Unix Rubber CRM Asphalt, 1999, pp. 1~35
- 6) 윤두수의 5인, “페타이어 분말과 PE/PS수지를 이용한 복합재료 연구(1),” 제16권, 제3호, 한국폐기물 학회지, 1999. 5, pp.232~238

손기상

- 7) 정봉진의 2인, “페타이어 및 폐플라스틱의 고온 열분해 특성연구,” 제17권, 제4호, 한국폐기물 학회지 2000. 5, pp. 399~408
- 8) 정수현의 3인, “오일회수를 위한 페타이어/폐유의 복합열 분해,” 제14권, 제5호, 한국폐기물 학회지, 1997. 7, pp. 484~490