» 研究論文 «

黃-고무 콘크리트의 力學的 特性和 最適配合比에 관한 研究

羅沃彬 · *李哉承*

韓國鐵道技術研究院, *韓南大學校 建築工學科

Experimental study on Mechanical Properties and Optimum Mix Design of Sulfur-Rubber Concrete (SRC)

Okpin Na and *Jaesung Lee*

Korea Railroad Research Institute

*Hannam University, Department of Architectural Engineering

요 약

국내 자동차 사용이 증가하면서 폐타이어의 재활용에 대한 관심이 고조되고 있다. 폐타이어의 재활용을 위한 처리방법중 분말가공 형태는 25%로서 건설현장에서 다양하게 사용되고 있다. 본 연구에서는 황과 폐타이어를 이용한 콘크리트(SRC: Sulfur-Rubber Concrete)의 물리적 특성을 파악하여 최적배합비를 제안하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 황과 폐타이어의 배합량을 달리하여 압축강도 실험을 수행하였다. 더불어 SRC의 제작과정을 2개의 배합방법(건조배합과정 및 습윤배합 과정)에 따라서 각각 그 특성을 평가하였다. 그 결과 고무의 혼입률이 증가할수록 SRC의 압축강도는 감소함을 알 수 있었으며, 마이크로 충전제의 첨가와 황 혼입률 조절은 압축강도를 향상시켰다. 또한 SRC의 황의 혼입률을 조절하여 강도의 최적값을 제안하였다. 이러한 SRC는 도로포장이나 경량벽체 또는 충격에너지 흡수율이 높은 건설 분야에 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

주제어 : 황-고무 콘크리트; 최적 배합비; 역학적 물성; 건조배합; 습윤배합.

Abstract

Recently, as the registration of vehicles increases, the utilization of the waste tires is emerging as environmental issues. Crumb rubber reproduced by scrap tires has been reused up to 25% in the construction field. The purpose of this paper is to investigate the mechanical properties of sulfur-rubber concrete (SRC) and to suggest the optimum mix design in terms of the compressive strength. Specimens were prepared with various mixing parameters: amount of sulfur, rubber, and micro-fillers. Two casting processes were also mentioned; dry process and wet process. The results mainly showed that the compressive strength of SRC decreased with an increment of rubber content. However, adding micro-filler and adjusting sulfur contents could improve the compressive strength of SRC. Optimum values of sulfur and rubber content were selected by workability and compressive strength of SRC. SRC can be applied to road constructions where high strength of concrete is not concerned, to wall panels that require low unit weight, to construction of median in highways to resist high impact load, and in sound barriers to absorb sound waves.

Key words : sulfur-rubber concrete, optimum mix design, mechanical property, dry process; wet process

* Received : July 13, 2012 · 1st Revised : September 5, 2012 · 2nd Revised : November 13, 2012 · Accepted : November 23, 2012

*Corresponding Author : Jaesung Lee (E-mail: jaesung@hnu.kr)

Department of Architectural Engineering, Hannam University, 70 Hannam-ro, Daedeok-gu, Daejeon 306-791, Korea

Tel : +82-42-629-7528 / Fax : +82-42-629-7552

©The Korean Institute of Resources Recycling. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

최근 국내 자동차 등록대수가 1세대당 1대에 근접해 있으며, 이러한 증가추세는 폐타이어의 재활용에 대한 관심으로 이어지고 있다. 국내에서는 2010년 현재 폐타이어의 재활용을 위해서 원형(0%), 열(73%), 분말가공(27%)의 3가지 처리방법을 통해서 재활용이 된다.¹⁾ 이 중 건설분야에 재활용도가 높은 분말가공방법은 크게 기계적 분쇄와 냉각분쇄로 나뉘며, 현재 급속냉각에 의한 파쇄에 의해 200 μm 미세 분말이 생산되고 있다. 이러한 폐타이어의 구성은 약간의 수분을 제외하면 대부분이 휘발물질이나 고정탄소(Fixed carbon)로 이루어져 있다. 타이어 제조에 있어서 가장 많이 사용된 원료 성분은 Styrene-Butadiene Rubber (SBR)로서 약 60.5%가 함유되어 있으며, 유해 기체성분의 발생원이 되는 황 성분은 약 0.97% 정도이다.

폐타이어의 건설자재로서 활용에 대한 연구는 1990년대 중반부터 국내·외에서 활발히 이루어져 왔으며, 현재까지 다양한 연구가 진행되고 있다.²⁻¹⁶⁾ 콘크리트 도로포장의 성능개선을 위한 연구로서 폐타이어 분말을 약 7% 혼입하여 각종 실내시험과 현장시험을 수행하였으며, 그 결과 콘크리트 포장재로서의 사용에 있어 타당성이 있음을 제시하였다.²⁾ 폐타이어를 혼합한 아스팔트 콘크리트의 기본특성 및 소성변형 저항성 평가를 위한 연구가 수행되었으며, 그 연구결과 CRM(Crumb rubber modifier)의 첨가 및 폴리머계 아스팔트 혼합물의 사용이 소성변형 저항능력을 향상시키는데 있어 큰 효과가 있음을 확인하였다. 또한, 할렬인장강도는 기존 아스팔트 콘크리트가 우수하나 인성과 최대수직변형률, 회복탄성계수의 경우 폐타이어를 적용한 아스팔트 콘크리트가 더 우수하다는 결과를 도출하였다.⁴⁾ 그러나, 전반적인 재료적 특성이 우수한 폐타이어 아스팔트 콘크리트는 시멘트 경화체 사이에서 접착성의 문제점이 야기되었다. 이에 대한 해결책으로 시멘트 모르타르와 폐타이어 분말 사이의 접착력을 증진하기 위하여 SBR 라텍스를 사용한 성능개선과, 분말수지와 폐타이어를 혼합하여 기존의 무수축, 고유동, 고강도 특성 외에, 고인성과 고내구성을 갖는 그라우팅 재료를 개발하고자 하는 연구들이 수행되어왔다.⁵⁻⁶⁾ 최근에는 폐타이어와 함께 메타카올린을 이용하여 건축물 화재 시, 고강도 콘크리트의 폭발을 저감시키고자 하는 연구가 수행되었으며, 그 결과 메타카올린은 콘크리트 자체의 내화성을 향상시키고 폐타이어는 내부 팽창압을 분담하여 폭발저감

에 상당한 효과가 있음이 확인되었다.⁷⁾

한편, 콘크리트의 바인더로서 시멘트 대신 황(sulfur)을 사용한 다양한 연구가 수행되었다.¹⁷⁻¹⁹⁾ 황-콘크리트는 아스팔트 콘크리트의 제조과정과 비슷하나, 황이 굳기전에 단시간에 연속적인 배합과 타설이 필요하다. 기본 혼합재료로는 황, 골재, 혼화제로 구성되며 130-146°C에서 계속적인 가열이 필요하다. 황-콘크리트는 고강도, 내마찰력, 내화확성이 뛰어나며, 열가소성의 성질을 갖는다. 더불어 분쇄가 가능하므로 재활용이 가능하며 강도의 저하없이 성형이 가능한 장점이 있다. 현재 황-콘크리트는 내구성과 내화확성이 요구되는 화학공장이나 항만시설 등에 이용되고 있다.

그러나 현재까지는 황(Sulfur)과 폐타이어 분말을 동시에 혼입하여 사용한 콘크리트에 관한 연구는 미비한 실정이다. 본 연구는 황과 폐타이어 분말, 그리고 공극을 채워주는 충전재(Micro filler)로서 플라이 애쉬 등을 사용한 콘크리트의 배합비에 따른 물리적 특성을 파악하는데 그 목적이 있다. 실험변수는 제조방법, 온도 및 배합비이며, 각각의 조건에 따라 압축강도 실험을 수행하였다.

2. 실험방법

2.1. 재료

본 연구에서 사용되는 황-고무 콘크리트 (Sulfur-Rubber Concrete; SRC)의 구성성분은 황, 골재, 시멘트 (Type I/II), 플라이 애쉬(Class F), 그리고 폐타이어 분말이다. 본 연구에서는 바인더로서 황이 사용되었으며, 시멘트와 플라이 애쉬는 충전재로서 사용되었다. 시멘트와 플라이 애쉬, 황의 단위중량은 각각 3.15 g/cm³, 2.3 g/cm³, 1.87 g/cm³이다. 골재로서 모래의 중량은 2.6 g/cm³, 조립도는 2.8, 수분함량은 4%이다. 폐타이어 분말의 크기는 평균 4 mm정도이며, 단위중량은 1.0 g/cm³이다.

2.2. 실험체 제작 및 실험방법

SRC를 활용한 실험체 제작은 가열 또는 상온에서 골재를 혼합하는 아스팔트 콘크리트 제작방법과 유사하게 건식과 습식 두 가지 방법을 이용하였다. 건식방법은 황을 130-146°C 사이에서 먼저 가열하여 30분정도 완전히 용해될 때까지 가열하였다. 146°C이상으로 가열하면 황이 연소될 수 있으므로 최대 가열온도는 146°C를 초과하지 않도록 하였다. 그 외 재료들은 95°C에서 가열하여 용해된 황과 적절히 배합하였고, 황은 실온에서 급

냉되기 때문에 고온에서 배합된 재료들은 순간적으로 몰드에 타설하여 실험체를 제작하였다. 습식방법은 건식방법과 달리, 황과 고무를 동시에 가열하여 황이 고무의 표면을 코팅되도록 하는 방법으로, 재료배합은 건식방법과 동일한 조건으로 수행하였다. 실험체는 지름 5 cm와 높이 10 cm의 원통형을 사용하였으며, 몰드에 타설 시에는 강봉으로 혼합물들을 다짐하였다. SRC는 일반 콘크리트에서 발생하는 수화작용이 발생하지 않기 때문에 타설 후 1시간 안에 굳어지나, 본 연구에서는 7 일을 양생한 후에 압축강도 실험을 수행하였다.

3. 실험결과

본 연구에서는 SRC의 최적배합조건을 결정하기 위해서 Table 1과 같이 각각의 재료에 대한 배합조건을 실험체 부피에 대한 비율로 결정하여 실험을 수행하였다. 우선, 실험체 No.1~2의 겉보기에 따른 워커빌리티 관점에서 황에 대한 초기 비율을 결정하였으며, No. 3~8에 대한 배합조건을 얻을 수가 있었다. No. 9~16은 시멘트를 공극 충전재로서 사용하여 강도를 개선시키기 위해서 시멘트의 비율은 10%로 고정시킨 후에 골재에 대한

고무분말의 양을 50%까지 증가시키면서 실험체의 강도 변화를 분석하였다. Fig. 1은 No. 2의 배합조건에 의해 제작된 SRC 시편을 나타낸 것이다.

3.1. 건식배합과정에서 황(sulfur)의 비율에 대한 영향

Fig. 2은 공극 충전재 없이 황의 배합조건에 대한 강

Fig. 1. Specimen of sulfur rubber concrete(SRC).

Table 1. Mix design of SRC with dry process

No.	Sulfur(Slf) (% vol.)	Cement(C) (% vol.)	Rubber(R) (% vol.)	Sand(SA) (% vol.)	Cement:Rubber:Sand (% vol.)
1	16	0	0	84	0 : 0 : 100
2	16	0	8	76	0 : 10 : 90
3	26	0	0	74	0 : 0 : 100
4	26	0	7	67	0 : 10 : 90
5	26	0	15	59	0 : 20 : 80
6	26	0	22	52	0 : 30 : 70
7	26	0	30	44	0 : 40 : 60
8	26	0	37	37	0 : 50 : 50
9	30	7	0	63	10 : 0 : 90
10	30	7	7	56	10 : 10 : 80
11	30	7	14	49	10 : 20 : 70
12	30	7	21	42	10 : 30 : 60
13	30	7	28	35	10 : 40 : 50
14	30	7	35	28	10 : 50 : 40
15	33	7	20	40	10 : 30 : 60
16	37	6	19	38	10 : 30 : 60

Fig. 2. Effect of sulfur content on compressive strength of SRC.

도 실험을 수행한 결과이다. Table 1에서 보이는바와 같이, No. 1과 No. 3은 페타이어 고무분말을 혼합하지 않고 황의 배합비만을 10%로 상향조정하여 워커빌리티 개선에 의한 강도변화를 비교하였다. 또한, No. 2와 No. 4는 No. 1과 No. 3과 동일한 조건하에서 골재부피 10%의 고무분말을 배합하였다.

Fig. 2에서 No. 1과 No. 2는 동일한 조건하에 고무분말을 첨가했을 뿐인데, 압축강도가 No. 1의 13 Mpa에서 No. 2의 약 4 Mpa로 1/3로 감소하였다. 이는 실험체 제작시에도 차이가 있었는데, No. 1과 No. 2의 경우 완전 용해된 황이 배합시 골재를 부분적으로 감싸고 있었으며, 특히, No. 2 시편은 Fig. 1에서 보이는 바와 같이 공극도 다량 존재함을 육안으로 확인할 수 있었다. 또한, No. 4의 강도는 No. 2에 비해 2배이상 증가하였으며, No. 4 배합시 액상화된 황은 골재와 고무분말 사이에서 공극을 감소시켜 결합재로서 충분한 역할을 수행하였다. 더불어 No. 4의 강도는 고무분말이 10% 혼합되어 있지만, 압축강도는 No. 1이나 No. 3에 비해 15%정도 감소되었다. 따라서, 공극의 감소는 강도증진과 밀접한 관계가 있으며, 황의 혼합량은 최적 배합설계시 매우 중요한 요소라고 판단된다.

3.2. 건식배합과정에서 충전재(Micro-filler)에 대한 영향

SRC 시편 No. 3~8은 충전재로서 시멘트를 사용하지 않고 황만을 사용한 경우이며, No. 9~14는 황과 시멘트를 모두 사용한 경우이다(Table 1). 특히 No. 9~14인 경우는 시멘트를 사용하기 때문에 워커빌리티를 개선시키기 위해 황을 4%정도 더 증가시켜서 배합을 하였다. Fig. 3에서는 충전재를 사용한 시편들이 압축강도가 충전재를 적용하지 않은 시험체들에 비해 확연히 증가되

Fig. 3. Effect of rubber content and cement filler on compressive strength of SRC.

Fig. 4. Effect of sulfur content on compressive strength.

었음을 알 수 있다. 또한, 고무분말의 함량이 30~50%의 경우, 충전재를 사용한 시편 No. 12~14의 압축강도가 충전재를 사용하지 않은 시편 No. 6~8보다 거의 2배 가까이 증가되었음을 알 수 있다. 그러므로 충전재의 사용은 강도를 개선을 시킬 수는 있으나 고무분말 사용에 의한 강도저하를 막을 수는 없음을 알 수 있다.

Fig. 4은 충전재에 의해 강도가 개선된 No. 12를 기준으로 황의 배합조건을 달리하여 강도를 측정한 결과이다. No. 12, No. 15, No. 16은 충전재 및 골재의 비율은 10:30:60으로 고정을 시킨 후, 황의 배합비율을 1:1.1:1.23로 달리하여 실험한 결과, 강도의 비율은 1:0.84:0.78로 점점 감소함을 알 수 있다. 이는 황의 혼합비율이 어느 일정구간 이상이 되면 강도를 감소시킴을 의미하며, 본 연구에서는 건식배합조건에서 황 혼합비로서 30%가 가장 적절함을 알 수 있었다.

Fig. 5는 Fig. 4의 결과에서 얻어진 No. 12의 배합 조건(Slf : C : R : SA = 30 : 7 : 21 : 42)을 기준으로 충전재의 양만을 4%~10%로 각각 변화시켜서 압축강도를

Fig. 5. Compressive strength of specimens with different micro-filler contents.

측정한 결과이다. 시편의 배합비율 조건은 각각 Table 2에 나타내었다. Fig. 5에서 보이는 바와 같이 C2의 압축강도가 가장 높았으며, 충전재의 최적비율은 전체부피의 5%임을 알 수 있다.

3.3. 습식배합공정에서 황(sulfur)의 비율에 대한 영향

건식배합조건에서의 배합설계 결과를 바탕으로 습식제조공정에 대한 강도 측면에서의 최적배합비를 파악하였다. 건식과정에서의 조건과 마찬가지로 실험변수는 황

의 비율, 충전재 및 용해 온도에서의 가열시간이다.

습식제조공정은 건식공정과 달리 황과 고무분말을 동시에 가열하여 혼합한 후, 골재와 충전재를 혼합하기 때문에 Table 3의 황의 비율조건과 같이 30%이상에서 그 비율을 증가시켜서 압축강도를 측정하였다. 또한, 충전재와 고무분말 그리고 골재의 비율을 각각 10:30:60의 비율로 고정시킨후, 적절한 워커빌리티에 의해 황의 배합비율을 설정하였다. 습식제조공정에서는 건식공정과 달리 플라이애쉬를 충전재로 사용하였다. 그 결과는 Fig. 6에서와 같이 시편 W3의 황이 33.6% 포함되었을 때 압축강도가 약 21 Mpa로서 가장 우수함을 알 수 있었다.

또한, 습식제조공정에서 황은 고무와 같이 용해를 시키므로 가열시키는 시간은 중요한 요소가 된다. 황 분말을 용해하는데 필요한 최적 온도는 135°C~146°C이나 본 연구에서는 146°C를 사용하였으며, 가열 지속시간은 30, 45, 60분 이었다. W3의 배합조건으로 146°C에서의 가열 지속시간에 따른 강도를 측정하였다. Fig. 7은 가열 지속시간에 따른 강도변화를 나타낸 것으로 45분 동안 가열한 후에 시편을 제작하였을 때가 가장 높은 강도를 보였으며, 그 이상 가열을 하면 황이 연소되어 강도 저

Table 2. Mix design for the effect of micro-filler with dry process

No.	Sulfur(Slf) (% vol.)	Cement(C) (% vol.)	Rubber(R) (% vol.)	Sand(SA) (% vol.)	Cement:Rubber:Sand (% vol.)
12	30	7	21	42	10 : 30 : 60
C1	30	3	21	46	4 : 30 : 66
C2	30	5	21	44	7 : 30 : 63
C3	30	5	0	65	7 : 0 : 93
C4	30	5	7	58	7 : 10 : 83
C5	30	5	14	51	7 : 20 : 73
C6	30	5	28	37	7 : 40 : 53
C7	30	5	35	30	7 : 50 : 43

Table 3. Mix design for the effect of sulfur content with wet process

No.	Sulfur(Slf) (% vol.)	Fly ash(FA) (% vol.)	Rubber(R) (% vol.)	Sand(SA) (% vol.)	Fly ash:Rubber:Sand (% vol.)
W1	31.6	6.9	20.5	41.0	10:30:60
W2	32.6	6.8	20.1	40.5	
W3	33.6	6.6	19.9	39.9	
W4	35.6	6.4	19.4	38.6	
W5	37.6	6.2	18.6	37.6	

Fig. 6. Effect of sulfur content on compressive strength.

Fig. 7. Effect of heating period on compressive strength.

Fig. 8. Effect of micro-filler on compressive strength.

Fig. 9. Effect of rubber dosage on compressive strength.

하가 발생함을 알 수 있었다.

3.4. 습식배합공정에서 충전재(Micro-filler)에 대한 영향

SRC에서 골재와 골재사이의 공극은 압축강도에 영향을 미치는 요소 중 하나이다.²⁰⁾ 이를 메워주기 위해서 본 연구에서는 충전제로서 플라이 애쉬를 사용하였다. Table 4에서는 황의 비율은 33.6%로 고정시키고, 충전재와 골재의 총비율 66.4%내에서 변화시키면서 각각의 시편에 대한 압축강도실험을 수행하였다. 다시 말해서, 고무분말은 19.9%로 고정되고, 플라이 애쉬의 양은

7 ~ 21%까지 변화시키면서 잔골재와의 합이 46.5%로 일정하게 각각의 시편을 제작하였다.

그 결과, Fig. 8과 같이 시편 W3에서 강도가 가장 큰 값을 나타내었고, 플라이 애쉬의 양이 감소함에 따라 강도는 약 25%정도까지 감소되었다. 따라서, 습식배합공정에 의해 제작된 시편 W1 ~ W9 중에서 최적배합은 시편 W3임을 알 수 있었다. Fig. 9은 최적 습식배합조건을 기준으로 고무분말의 양을 0 ~ 50%까지 달리 하여 압축강도를 측정한 결과이다. 고무분말의 조건에 따라 거의 선형으로 강도가 감소함을 알 수 있으며, 고

Table 4. Mix design for the effect of micro-filler with wet process

No.	Sulfur(Slf) (% vol.)	Fly ash(FA) (% vol.)	Rubber(R) (% vol.)	Sand(SA) (% vol.)	Fly ash:Rubber:Sand (% vol.)
W6	33.6	4.6	19.9	41.9	7:30:63
W3	33.6	6.6	19.9	39.9	10:30:60
W7	33.6	9.3	19.9	37.2	14:30:56
W8	33.6	11.3	19.9	35.2	17:30:53
W9	33.6	14.0	19.9	32.5	21:30:49

Fig. 10. Setup of SRC specimen with gauges and compressive test.

Fig. 11. Stress-Strain curve on dry process.

Fig. 12. Stress-Strain curve on wet pr.

Fig. 13. Toughness index from σ .

Fig. 14. Comparison of toughness.

무분말에 따른 강도는 Fig. 9에 나타난 식으로 예측할 수 있다.

3.5. SRC의 압축인성 분석

재료의 인성은 응력-변형률 곡선의 아래 넓이로부터 구할 수 있다. 이를 통하여 재료의 취성과 연성의 특성을 파악할 수 있으며, 피로파괴에 대한 저항성을 파악할 수 있다. Fig. 10는 압축강도실험을 수행하는 과정을 나타낸 것이다. 시편에 설치된 2개의 신장계(Extensometer)는 MTS사의 632.94E-20이며, 이를 통해 응력-변형률 곡선을 구하였다. 신장계의 길이가 11.4 cm이므로 앞 절에서 사용된 시편과 달리 시편의 크기를 직경

7.5 cm, 높이 15 cm로 증가시켰다. Fig. 11과 Fig. 12은 건식방법과 습식방법에 따라 최적 배합조건인 시편 W3의 조건하에 고무분말의 양만을 10 ~ 50% 변화시켜서 얻은 시험체의 압축강도에 관한 응력-변형률 곡선이다. 동일한 배합 설계하에서 최대 압축강도는 고무분말 10% 혼입량을 갖는 시편 D10과 W10의 경우를 제외하고 모두 건식공법에 의해 제작된 시편이 크게 나타났다.

Fig. 13는 인성지수를 구하는 방법을 그림으로 도식한 것이다. 인성지수는 초기균열까지의 면적 OAB에 대한 비교변형까지의 면적 OACD의 비로 나타낼 수 있다. Fig. 14에서는 SRC 시편들의 제작공정에 따른 인성지수를 알아보기 위하여, Fig. 11과 Fig. 12에서 각

Table 5. Toughness indices of different casting processes

No.	B		D		OAB	OACD	Toughness index
	ϵ_y	σ_y	$4\epsilon_y$	σ			
D20	0.0022463	17.795	0.008978	2.512	130997.4	343843.1	2.62
W20	0.0036945	14.414	0.012141	4.85	150900.7	560022.6	3.71

각 고무분말 20%가 혼합된 결과만을 나타낸 것이다. Fig. 14에서 인성지수는 항복응력에 대한 변형률과 그 변형률에 4배인 0.8%와 1.2% 각각의 면적비로서 Table 5에서 보여지는 것처럼 습식공정에 의한 방법이 건식공정보다 에너지 흡수능력 및 피로충격에 대한 저항성이 높음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구는 황-페타이어 콘크리트(SRC)에 대하여 압축강도 측면에서의 최적 배합비를 도출하기 위해 수행되었다. 시험체는 약 140°C하에서 건식과 습식의 두 가지 배합공정에 따라서 제작되었으며, 충전재로서 시멘트와 플라이애쉬를 사용하였다. 건식과 습식공정을 통하여 제작된 시험체의 압축강도를 측정하여 최적배합조건, 황의 최적용해시간, 압축인성 등을 확인하였다. 본 연구에서 제안된 최적배합 조건은 황 30%, 충전재 5~7%, 고무분말 10~20% 였다. 고무분말의 혼입률을 달리하여 강도를 실험한 결과, 고무분말의 양이 증가함에 따라 강도가 감소함을 알 수 있었다. 이를 보완하기 위해서 시멘트와 플라이애쉬를 사용하여 골재사이에 존재하는 공극을 최소화하여 강도를 증진시킬 수 있었다. 인성지수를 평가한 결과는 습식공정에 의한 시험체가 건식공정에 의해 제작된 시험체보다 인성지수가 높음을 알 수 있었다. 이는 습식공정에서 초기에 황과 고무분말을 동시에 가열하여 융합시킴으로써 두 재료사이의 결합력이 건식공정에 의한 것보다 증가하였기 때문으로 판단되었다. 따라서, SRC는 도로포장이나 경량벽체등의 저강도 고인성 재료가 필요한 건설현장에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Korea Tire Manufacturers Association, 2010: www.kotma.or.kr.
2. Bae, J.S., Moon, J.S., Ko, Y.Z., and Kim, J.W., 1996: *Performance Evaluation of Wasted Tire - Chip Added Concrete Road Pavement*, KSCE, 16(3), pp. 235-247.
3. Kim, K.W., Kweon, S.J., Lee, J.Y., and Lee, S.J., 2000: *Characteristics of Polymer-Modified Dry-mix CRM Asphalt Concretes*, KSCE, 20(1), pp. 57-65.
4. Kim, N., 2003: *Experimental Performance Characteristics of Crumb Rubber-Modified (CRM) Asphalt Concrete*, KOSHAM, 3(2), pp. 89-97.
5. Song, H., Jo, Y.K., and Soh, Y.S., 1996: *A Study on the Fundamental Properties of Cement Mortar Using Polymer Coated Crumb Rubber*, KCI, 8(6), pp. 163-172.
6. Seok-Kyun Park, 2007: *Development of Green Cement Type Grouting Materials with High Toughness and Non-Shrinkage Including Powder of Waste Tire and Resin*, KCI, 19(5), pp. 623-630.
7. Mun-Hwan Lee, and Sea-Hyun Lee, 2008: *Fundamental Study of Fire-Proof Characteristics of High Strength Concrete Using Meta-Kaolin and Waste Tire Chip*, KCI, 20(1), pp. 89-97.
8. Biel, T.D., and Lee, H., 1994: *Use of recycled tire rubbers in concrete*, Proc. ASCE 3rd Mat. Engineering. Conf., Infrastructure: New Mat. and Methods of Repair, pp. 351-358.
9. Eldin, N.N., and Senouci, A.B., 1993: *Rubber-tire particles as concrete aggregate*, J. Mat. in Civil Engineering., ASCE, 5(4), pp. 478-496.
10. Epps, J.A., 1994: *Uses of recycled rubber tires in highways*, Synthesis of highway practice 198, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
11. Schimizz, R., Nelson, J., Amirkhanian, S. et al., 1994: *Use of waste rubber in light-duty concrete pavements*, Proc., ASCE 3rd Mat. Engineering. Conf., Infrastructure: New Mat. and Methods of Repair, pp. 367-374.
12. Segre, N., and Joekes, I., 2000: *Use of tire rubber particles as addition to cement paste*, Cement and Concrete

- Research, 30, pp. 1421-1425.
13. Topcu, I.B., 1997: *Assessment of the brittleness index of rubberized concretes*, Cement and Concrete Research, 27(2), pp. 177-183.
  14. Topcu, I.B., 1995: *The properties of rubberized concretes*, Cement and Concrete Research, 25, pp. 304-310.
  15. Li, G., Stubblefield, M.A., Garrick, G. et al., 2004: *Development of waste tire modified concrete*, Cement and Concrete Research, 34, pp. 2283-2289.
  16. Gneyisi, E., Gesolu, M., and zturan, T., 2004: *Properties of rubberized concretes containing silica fume*, Cement and Concrete Research, 34, pp. 2390-2317.
  17. McBee, W.C., Sullivan, T.A., and Jon, B.W., 1985: *Industrial Evaluation of Sulfur Concrete in Corrosive Environments*, Mining Engineering.
  18. Gillott, J.E., Jordann, I.J., Loov, R.E., and Shrive, N.G., 1983: *Effect of Different Aggregates on Durability of Sulphur Concretes*, Durability of Building Materials, 1, pp. 255-273.
  19. Vroom, A.H., 1998: *Sulfur Concrete Goes Global*, Concrete International, ACI, 20, pp. 68-71.
  20. Dean-Mo Liu, 1997: *Influence of Porosity and Pore Size on the Compressive Strength of Porous Hydroxyapatite Ceramic*, Ceramics International, 23, pp. 135-139.

羅 沃 彬

- University of Colorado at Boulder, 박사
- 현재 한국철도기술연구원 근무

李 哉 承

- University of Colorado at Boulder, 박사
- 현재 한남대학교 건축공학과 교수

회비 납부 안내

- 항상 본 학회에 관심을 가져 주신데 대해 진심으로 감사드립니다.
- 당 학회의 이사회 및 편집위원회를 통하여 학회운영의 어려움을 해결하는 방안으로 회비가 여러 해 미납된 회원을 분류해서 관리하는 것으로 논의가 되었으며, 학회지 지면을 통하여 회원여러분께 알려드리게 되었습니다.
- 정회원 중에 회비가 여러 해 미납된 회원께서는 4월 20일까지 회비를 꼭 납부해 주시기 바라며, 향후 년 회비를 2년 이상 미납한 회원에게는 학회운영상 부득이 회지우송 및 기타 소식 관련 서비스도 중단할 것이오니 조속히 회비를 납부하여 주시기 바랍니다.
- **납부일** : 2013년 4월 20일(학회지 22권 2호(2012년 4월호) 부터 발송중지 예정)
- **납부방법** : 계좌이체 또는 지로입금(지로번호 7609637)
 씨티은행 : 102 - 53519 - 253, 예금주 : (사)한국자원리싸이클링학회
 우리은행 : 1005 - 301 - 118587 예금주 : (사)한국자원리싸이클링학회
- **연락처** : 한국자원리싸이클링학회 사무국
 전화 02-3453-3541~2, 팩스 3453-3540, E-mail : kirr@kirr.or.kr, <http://www.kirr.or.kr>