

## 섬유보강 시멘트 복합체 제조를 위한 선반 스크랩의 특성 평가

# Characteristics Evaluation of Lathe Scrap for Manufacturing Fiber Reinforced Cementitious Composites

Suho Bae<sup>a,1</sup>, Juntai Jeon<sup>b,\*</sup>, Soonoh Kwon<sup>a,2</sup>, Hyunjin Lee<sup>a,3</sup>, Sungwook Kim<sup>c,4</sup>

<sup>a</sup> Department of Civil Engineering, Andong National University, 1375, Gyeongdong-Ro, Andong-Si, Gyeongsangbuk-Do, 760-749, Republic of Korea

<sup>b</sup> Department of Civil & Environmental Engineering, Inha Technocal College, 100, Inha-Ro, Nam-Gu, incheon, 402-752, Republic of Korea

<sup>c</sup> Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT), 283, Goyangdae-ro, Ilsanseo-gu, Goyang-si, Gyeonggi-do, 411-712 Republic of Korea

### ABSTRACT

The purpose of this research is to investigate characteristics of lathe scrap for manufacturing fiber reinforced cementitious composites(FRCCs) to use lathe scrap as a alternative materials of steel fiber. It should be noted that the use of the lathe scrap for making FRCCs raised friendly environmental effect as well as economy because the lathe scrap was a by-product of steel manufactures. For this purpose, various steel scraps were collected from processing plants of metal and then their physical properties were evaluated. Also, steel scraps were classified and analyzed according to the KS D 2101 and then of these scraps, lathe scrap as a alternative materials of steel fiber was suggested. In addition, FRCCs containing lathe scraps were made according to their total volume fractions of 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0% for water-binder ratios of 30%, 40%, respectively, and then characteristics, such as the workability, compressive strength, and flexural strength of those were evaluated. It was observed from the test result that the compressive strengths at 7 and 28 days of FRCCs containing lathe scrap were slightly small but the flexural strengths at 28 days of those increased by 10% compared with plain concrete.

### KEYWORDS

Fiber Reinforced  
Cementitious  
Composites(FRCCs)  
Steel scrap  
Lathe scrap  
Compressive  
strength  
Flexural strength

이 연구의 목적은 섬유보강 시멘트 복합체(Fiber Reinforced Cementitious Composites, FRCCs) 제조시 강섬유의 대체재료로서 선반 스크랩을 활용하기 위하여 그것의 특성을 규명하는 것이다. FRCCs 제조시 선반 스크랩을 활용함으로써 경제성 뿐만 아니라 친환경 효과를 도모할 수 있다. 이를 위하여 금속 가공공장으로부터 여러 종류의 강 스크랩을 수집한 후 이들의 물성을 평가하였으며, KS D 2101에 따라 강 스크랩을 분류·분석하여 강섬유를 대체할 수 있는 선반 스크랩을 제시하였다. 물-결합재비 30% 및 40%에 대해서 선반 스크랩 혼입률(전체 체적의 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%)에 따라 FRCCs를 제조한 후 이들의 작업성, 압축강도 및 휨강도를 평가하였다. 그 결과, 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 압축강도는 보통 콘크리트보다 다소 작은 것으로 나타났으나, 휨강도는 보통 콘크리트보다 약 10% 정도 증가하는 것으로 나타나, FRCCs 제조시 선반 스크랩은 활용 가능성이 있는 것으로 나타났다.

섬유보강 시멘트  
복합체(FRCCs)  
강 스크랩  
선반 스크랩  
압축강도  
휨강도

© 2014 Korea Society of Disaster Information All rights reserved

\* Corresponding author. Tel. 82-32-870-2235. Fax. 82-32-870-2510.

Email. [jtjeon@inhac.ac.kr](mailto:jtjeon@inhac.ac.kr)

1 Tel. 82-54-820-5896. Email. [shbae@andong.ac.kr](mailto:shbae@andong.ac.kr)

2 Tel. 82-54-820-7972. Email. [hyslso@naver.com](mailto:hyslso@naver.com)

3 Tel. 82-54-820-7972. Email. [tuy1100@naver.com](mailto:tuy1100@naver.com)

4 Tel. 82-31-910-0128. Email. [swkim@kict.re.kr](mailto:swkim@kict.re.kr)

### ARTICLE HISTORY

Received Jul. 08, 2014

Revised Jul. 15, 2014

Accepted Jul. 21, 2014

## 1. 서론

건설재료로서 콘크리트는 압축강도가 크고 내구성이 우수하며 경제적이고, 구조적 기능에 대한 재료의 적합성, 내화성, 낮은 유지관리비 등에서 우수하나, 인장강도가 압축강도의 약 10% 정도로 낮아, 인장측에 균열을 유발시켜 철근을 부식시키기 쉽고, 취성과파괴를 일으키기 쉽다. 또한 강재에 비해 인성이 작아 에너지 흡수능력이 현저히 떨어지고, 이로 인해 지진과 같은 자연재해에 취약한 단점을 가지고 있다. 또한 콘크리트의 수화반응의 특성상 강도발현에 시간이 소요되고, 인장에는 약한 취성적 성질과 건조수축이 크고, 타설 직후 가소성의 유동체로 응결될 때, 표면 건조에 의해 인장응력이 작용하여 소성수축 균열이 발생하는 등의 문제점이 존재한다(Kim et al., 2013; Yang, 2010).

이에 따라 콘크리트의 인장강도 증진 및 균열 제어를 통한 장기 내구성 확보를 목적으로 각종 섬유를 혼입한 콘크리트 및 시멘트 복합재료 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 각종 섬유 중 강섬유는 건설산업에서 가장 일반적으로 사용되는 섬유로서 사용시 콘크리트의 유동성을 저하시키지만 인장강도와 연성 향상에 매우 효과적이다. 그러나 강섬유는 가격이 고가이므로, 경제적으로 섬유보강 콘크리트나 시멘트 복합재료를 개발하기 위해서는 강섬유를 대체할 수 있는 섬유 개발이 시급히 요구되고 있다(Ha et al., 2010).

한편, 강 스크랩(steel scrap)은 강재 생산 및 가공 과정에서 발생된 부산물로, KS D 2101(Classification Standard for Iron and Steel Scraps, 2011)에 따라 생철 스크랩, 노폐 스크랩, 선반 스크랩 및 가공 스크랩으로 분류되는데, 이들은 철강산업의 부산물로 가격이 기존의 강섬유보다 훨씬 저렴하고 원재료와 성분이 거의 유사하므로, 섬유보강 시멘트 복합체(fiber reinforced cementitious composites, FRCCs) 제조시 이들을 활용할 경우 기존의 강섬유 보강 시멘트 복합체와 거의 유사한 성능을 유지하면서 경제성은 대폭 향상될 것으로 예측된다(Bdour and Al-Khalayleh, 2010; Murali et al., 2012; Vijayakumar et al., 2012).

따라서 본 연구에서는 FRCCs 제조시 기존의 강섬유를 대체하여 강 스크랩을 활용하기 위하여 강 스크랩 현황조사, 강 스크랩 종류별 물성 평가, 강 스크랩 중 FRCCs 제조에 적절한 스크랩을 선정한 후 이를 혼입한 FRCCs의 특성을 평가하고자 한다.

## 2. 강 스크랩 현황

### 2.1 강 스크랩 수급 현황 및 유통구조

강 스크랩은 철강산업의 강재 생산 또는 가공과정이나 철강제품의 사용불능 상태 등에서 발생한 것으로, 연간 약 23,000천톤(2010년, 한국철강협회 기준) 발생되고(Fig. 1), 발생한 강 스크랩은 전량이 철강 제조 원료로 사용되고 있다. 국내에서 발생한 강 스크랩은 노폐 스크랩(obsolescent scrap)이 약 75%, 자가발생 스크랩(home scrap)이 약 25% 정도를 차지하고 있는데, 강 스크랩은 제강용이 93%, 주물용이 7% 비율로 사용되며, 제강용의 90% 정도는 약 12개의 전기로 업체(대한제강, 동국제강, 동부제철, 세아베스틸, YK스틸, 포스코, 포스코특수강, 한국철강, 현대제철, 환영철강공업, 두산중공업, 한국제강)에서 사용되고 있다(Ministry of Knowledge Economy, 2010).

강 스크랩 시장의 주체는 12개의 전기로 업체와 8,000여개의 수집상(소·중·대상)인데, Fig. 2 및 3과 같이 약 6,000여개의 소상(수집상)이 중상에 판매하고, 2,000여개의 중상(중간상)은 인근지역의 강 스크랩 거점기능을 수행하고, 대상에 판매한다. 250여개의 대상(납품상)은 소·중상으로부터 매집하여 전속계약을 맺은 약 12개의 전기로 업체에 납품을 하고 있다.

강 스크랩은 거의 대부분 제강사에서 전기로 및 고로를 통해 철강제품으로 만들어지는데, 전기로법이란 강 스크랩을 전기로를 통해 녹여서 새로운 철강재를 제작하는 공법이고, 고로법은 철광석과 석탄을 사용하여 철광석을 녹인 순수한 쇳물을 얻어내는 공법이다. 전기로법은 대체로 성분이 일정하지 못한 고철을 사용하기 때문에 미려한 표면 품질이 요구되는 철강재의 제조에는 적절하지 못한 방법으로 알려져 있으며, 대부분의 전기로법으로 제조되는 철강재는 철근, H형강, 레일 등 표면 특성보다는 물성이 강조되는 봉형강류 제품 등이다. 최근 제강기술의 발달로 현대제철 등 일부 전기로 제강사에서는 전기로를 사용한 열연코일과 슬래브 등의 판재류를 생산하고 있는 실정이다. 반면에 고로법으로 얻어낸 쇳물은 전기로법을 통해 얻은 쇳물에 비해 순도가 높고 물성에 대한 통제가 비교적 자유로워, 구조적 특성과 표면 특성이 전반적으로

요구되는 제품, 주로 판재류의 제조에 유리하고, 이러한 제품들은 대부분 자동차용 강판 등을 만드는 열연강판이나 후판류이다. 한편, 방호·방폭용 시멘트 복합체 중의 하나로서 강섬유보강 시멘트 복합체가 사용되고 있는데, 여기에 사용되는 강섬유는 철강제품으로 가공을 하여야 하나, 강 스크랩은 철강산업의 부산물로 가공처리 없이 사용할 수 있고, 원재료와 성분이 거의 유사하다. 따라서 FRCCs 개발 시 강섬유 대신에 강 스크랩을 사용함으로써 기존의 보통 콘크리트보다 인성 및 충격성능이 훨씬 우수하고 경제적인 방법으로 방호·방폭용 시멘트 복합체 개발이 가능할 것으로 기대된다.

## 2.2 강 스크랩 종류별 분류기준 및 규격

강 스크랩의 분류방법은 발생원에 의한 분류, 성분 및 형태에 의한 분류 등이 있는데, 발생원에 의한 분류가 가장 일반적으로 사용되고 있다. 따라서 강 스크랩은 발생원에 따라 생철 스크랩(new scrap) 또는 자가발생 스크랩(home scrap), 노폐 스크랩(obsolescent scrap), 선반 스크랩(lathe scrap) 및 가공 스크랩(prompt industrial scrap)으로 분류된다(Fig. 4).

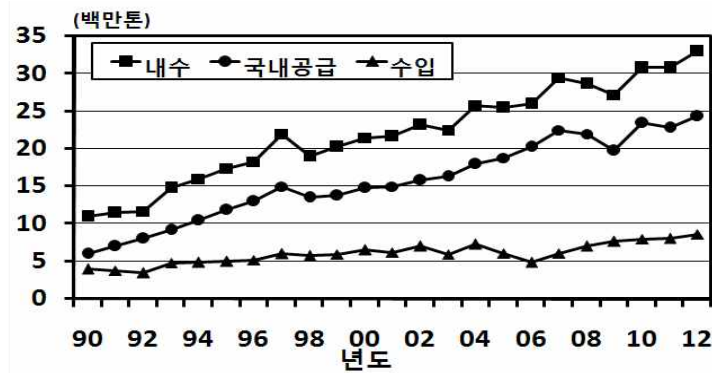


Fig. 1. Transition of Supply and Demand for Steel Scrap

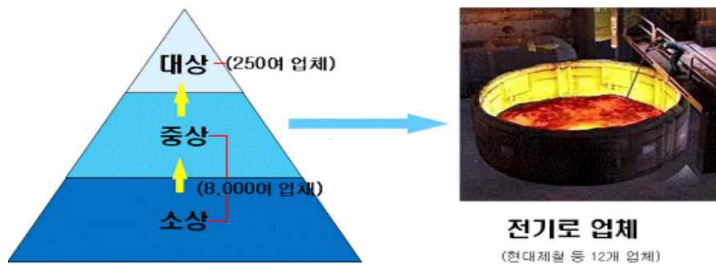


Fig. 2. Distribution Structure of Steel Scrap



Fig. 3. Status of Occurrence and Utilization for Steel Scrap

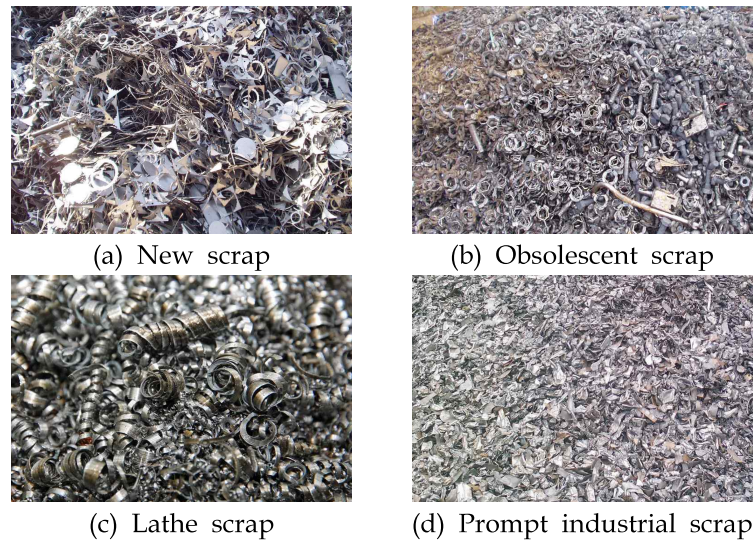


Fig. 4. Classification of Steel Scrap

### 2.2.1 생철 스크랩(자기발생 스크랩)

제강공장 또는 철강재 제조공정에서 발생하는 스크랩으로서, 대부분 강괴, 블룸, 빌릿, 파이프, 봉강 등의 양단 절단, 용강의 흘림(spills), 흐름(runnings), 판재의 절단(plate shearing), 강판의 측부절단(trimmings), 탄도강(gates), 압탕(risers), 불합격품, 스케일(scale) 등이며, 별도의 가공처리나 유통거래 없이 대부분 전량 회수·사용되고 있으며, 환원 스크랩(return scrap)이라고도 한다. Table 1은 생철 스크랩의 분류기준 및 규격을 나타낸 것이다.

### 2.2.2 노폐 스크랩

이미 유용성이 소멸되어 소유자로부터 처리된 철강 폐기물로서, 재사용에 적합하도록 가공처리되는 스크랩을 말한다. 노폐 스크랩은 전국에 다양한 형태로 산재되어 있으며, 상이한 경제 가치 기준을 가지고 있다. 노폐 스크랩의 발생은 대부분 폐기 자동차, 기구류, 철도부품, 기계, 선박, 건축자재, 파공공사, 기타 소비자용 및 공업용 제품의 폐품 등에서 발생되고 있으며, 발생원과 발생지역이 광범위하게 산재되어 있으므로 수집과정에서 미회수되거나 비경제적인 스크랩은 수집을 기피하게 되어 폐기물로 되는 경우가 많다. Table 2는 노폐 스크랩의 분류기준 및 규격을 나타낸 것이다.

### 2.2.3 선반 스크랩

선반작업이나 밀링작업시 발생하는 스크랩으로서, 동일 종류의 금속 및 재질이라도 작업자의 작업방식에 따라 스크랩의 굵기와 길이가 다르고, 대부분 직경이 가늘고 넝쿨모양으로 발생되므로, 강 스크랩 중에서 강섬유에 가장 가까운 스크랩이라 할 수 있다. 따라서 섬유보강 시멘트 복합체 제조시 강섬유 대체재료로서 선반 스크랩을 활용할 수 있을 것으로 판단된다. Table 3은 선반 스크랩의 분류기준 및 규격을 나타낸 것이다.

### 2.2.4 가공 스크랩

기계공장 및 철강재 가공공장, 조선·자동차 공장 등에서 철강재를 사용하여 공업용 또는 소비자용 제품을 제조하는 과정에서 발생하는 스크랩을 말하며, 재사용을 위해 제강공장 또는 주물공장으로 되돌아오는 분배경로 및 주기가 노폐 스크랩에 비해 짧은 것이 특징이다. 가공 스크랩은 철강재 다소비 산업에서 사용된 기기와 제작과정에 따라서 다양한 형태로 발생하고 있으며, 그 종류는 절단 스크랩(cuttings), 압연 스크랩(stampings), 선삭 스크랩(turnings) 등이 있으며, 이 같은 스크랩은 대부분 경량판에서 발생한다. Table 4는 가공 스크랩의 분류기준 및 규격을 나타낸 것이다.

Table 1. Classified Criterion and Specification of New Scrap

분류		치수(규격)	대표제품
생철스크랩	생철A (KA1)	두께≥3.0mm 길이≤1,000mm 너비≥500mm	열간압연판 고로 및 전기로 발생 후판 및 편칭, 강편, 선재, 완제품 전 도금 및 도색이 안된 후판 파이프, 결속상태 양호한 코일의 강 스크랩, 절단 슬라브스크랩, 사이드 스크랩(Side Trimming 후 발생하는 스크랩) 등
	생철B (KA2)	0.5mm≤두께<3.0mm 길이≤1,000mm 너비≤500mm	냉간압연판 박판 절단 및 편칭, 규소강판, 결속상태 양호한 코일의 강 스크랩, 사이드 스크랩(Side Trimming 및 Side turning 후 발생하는 스크랩) 등
	생압 (KA3)	생철 모재를 압축한 것으로, 가로, 세로, 높이가 각각 600mm이하이면서 세변의 합이 2.0m 이하일 것	
	생철L (KA4)	소재 특성이 생철A 및 생철B에 해당하되, 길이가 1,000mm를 초과하여 절단, 가공작업이 필요한 생철	

Table 2. Classified Criterion and Specification of Obsolescent Scrap

분류		치수(규격)	대표제품
노폐스크랩	모터블럭 (KBM)	길이≤1,000mm, 너비와 높이≤500mm, 무게≤600kg, 자동차 중장비에서 발생하는 모터블록에 한함	
	중량A (KB1)	두께≥6.0mm, 길이≤1,000mm 너비와 높이≤500mm 무게≤600kg	사용 전 직선철근(단일품), 폐선박, 중장비 해체물, 대형 하우스 절단품, 절개고압 가스통(LPG통 제외), 절단된 철판용접 구조물, 볼트 및 너트(편칭 스크랩) 등, 절단 양호한 스프링 및 체인, 주조품, 형강류(H, I, T 등), 철도 레일 등의 강 스크랩
	중량B (KB2)	3.0mm≤두께≤6.0mm 길이≤1,000mm 너비와 높이≤500mm, 무게≤600kg	대형차량 프레임(절단양호), 철못(사용되지 않은 단일품), 절개된 LPG통, 폐 선박(중량A 이외의 것) 해체과정에서 발생하는 판(Plate) 형태의 스크랩, 소형차 휠
	중량L (KB3)	소재 특성이 중량 A 및 중량 B에 해당하되 규격 (길이 1,000mm 또는 중량 600kg)을 초과하여 절단, 가공작업이 필요한 중량	
	경량A (KB4)	두께<3.0mm, 길이≤1,000mm 너비와 높이≤500mm, 무게≤600kg	사용된 철근(단일품 및 철근말이 포함), 소형차량 프레임 및 하우스, 철못(기 사용된 것), 폐선박 해체과정에서 발생하는 판(Plate) 형태 이외의 스크랩, Ø50mm 미만 파이프 등
	경량B (KB5)	길이≤1,000mm인 생활 강 스크랩	생활에서 발생하는 철 스크랩류, 사무용 집기, 난방 기구류 등의 강 스크랩
	경량L (KB6)	소재 특성이 경량 A 및 경량 B에 해당하되 규격 (길이 1,000mm 또는 중량 600kg)을 초과하여 절단, 가공작업이 필요한 경량	

Table 3. Classified Criterion and Specification of Lathe Scrap

분류		치수(규격)	대표제품
선반스크랩	선반A (KC1)	기계 가공시 발생하는 넝쿨 및 Clip 형태의 스크랩, 두께≥1mm	
	선반B (KC2)	주물품 선반 가공시 발생하는 스크랩	
	선반C (KC3)	기계 가공시 발생하는 넝쿨 및 Clip 스크랩, 두께<1mm	

Table 4. Classified Criterion and Specification of Prompt Industrial Scrap

분류	치수(규격)	대표제품	
가공 스크랩	슈레더A (KS1)	생철을 모재로 하여 슈레더 가공한 강 스크랩, 가로, 세로, 높이가 각각 100mm 이하	
	슈레더B (KS2)	비철을 함유하지 않도록 파쇄 및 정제한 폐차의 차피 등, 가로, 세로, 높이가 각각 100mm 이하	
	슈레더C (KS3)	경량 스크랩을 슈레더 처리한 스크랩, 가로, 세로, 높이가 각각 100mm 이하	
	길로틴A (KG1)	소재 특성이 경량A 이상에 해당하며, 절단 G/S 가공을 한 스크랩, 폭넓이 ≤1,100mm, 길이 ≤700mm	철근말이 길로틴
	길로틴B (KG2)	소재 특성이 경량B에 해당하며, 절단 G/S 가공을 한 스크랩, 폭넓이 ≤1,100mm, 길이 ≤700mm	
	압축A (KP1)	경량A를 모재로 압축한 것, 가로, 세로, 높이가 각각 600mm, 이하이면서 세면의 합이 2.0m이하	철근 압축
	압축B (KP2)	경량B를 모재로 압축한 것, 가로, 세로, 높이가 각각 600mm, 이하이면서 세면의 합이 2.0m이하	
	압축C (KP3)	선반B를 모재로 압축한 것, 가로, 세로, 높이가 각각 600mm, 이하이면서 세면의 합이 2.0m이하	주물 압축
	압축D (KP4)	선반C를 모재로 압축한 것, 가로, 세로, 높이가 각각 600mm, 이하이면서 세면의 합이 2.0m이하	칩압축
	압축E (KP5)	캔을 모재로 압축한 것, 가로, 세로, 높이가 각각 600mm 이하이면서 세면의 합이 2.0m이하	

### 3. 섬유보강 시멘트 복합재료 제조를 위한 강 스크랩의 특성

#### 3.1 강 스크랩 수집 및 물성 평가

FRCCs 제조시 강섬유 대체재료로서 강 스크랩을 활용하기 위하여 서울특별시 영등포구 도림로와 대구광역시 성서공단에 위치한 기계 가공공장 밀집지역에서 선반 스크랩과 가공 스크랩을 수집하였다. Fig. 5는 강 스크랩 종류별 밀도를 나타낸 것으로, 알루미늄 선반 스크랩을 제외한 모든 스크랩은 시판 중인 강섬유의 밀도와 유사한 것으로 나타나, 강 스크랩의 물성은 전반적으로 양호한 것으로 나타났다.

#### 3.2 선반 스크랩을 혼입한 섬유보강 시멘트 복합체의 특성 평가

##### 3.2.1 사용재료

선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 압축강도를 평가하기 위하여 모르타르 배합실험을 수행하였으며, 배합실험에 사용된 강 스크랩은 선반 스크랩 중 길이가 짧은 스크랩(평균길이: 20mm, 밀도: 7.53g/cm<sup>3</sup>)이고, 시멘트는 시중에서 구입한 H사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 물리적 성질은 Table 5와 같다. 잔골재는 경북 안동에서 생산된 낙동강산 하천사를 사용하였고, 모르타르의 유동성 개선을 위한 화학 혼화제는 고강도 및 유동화 콘크리트용으로 사용되고 있는 S사의 폴리카르본산계의 고성능 감수제를 사용하였으며, 이들의 물리적 성질은 Table 6 및 7과 같다.

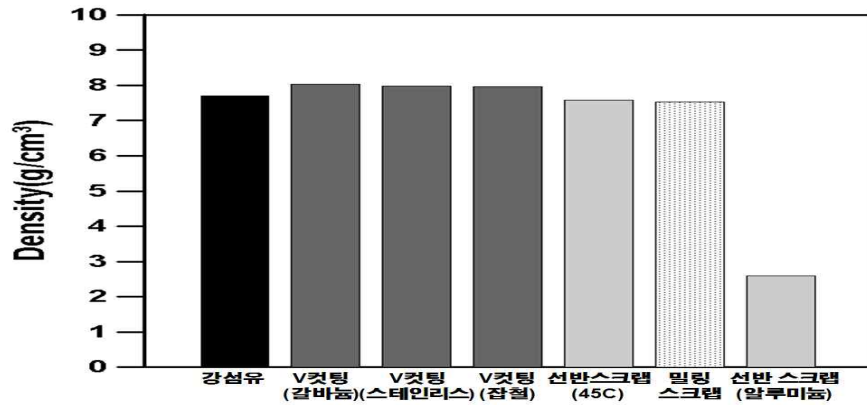


Fig. 5. Densities with Types of Steel Scrap

### 3.2.2 실험방법

#### 1) 공시체 제작

선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 공시체를 제작하기 위하여 Table 8과 같이 단위질량에 의한 배합비를 정하였다. 물-결합재비(W/B)는 30% 및 40%로 설정하였고, 선반 스크랩 혼입률은 강섬유 혼입률을 기준으로 하여 모르타르 체적의 0~2.0%까지 0.5%씩 변화시켰으며(Kim et al., 2013; Yang, 2010), 목표 플로값은 210±20mm로 설정하였다. KS F 2403(Standard test method of making and curing concrete specimens, 2010) 및 KS L ISO 679(Methods of testing cements-Determination of strength, 2011)에 따라 원주형 공시체(Ø100×200mm) 및 각주형 공시체(40×40×160mm)를 제작하였으며, 제작된 공시체는 성형 후 24시간 경과하여 몰드를 제거한 후 강도시험 전까지 20±3℃의 온도로 습윤양생하였다.

#### 2) 압축강도

선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 선반 스크랩 혼입률에 따른 압축강도 특성을 평가하기 위하여 KS F 2405(Standard test method for compressive strength of concrete, 2010)에 따라 재령 7일 및 28일 압축강도 시험을 수행하였다.

#### 3) 휨강도

선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 선반 스크랩 혼입률에 따른 휨강도 특성을 평가하기 위하여 KS L ISO 679에 따라 재령 28일 휨강도 시험을 수행하였다.

Table 5. Physical Properties of Cement

Specific gravity (g/cm <sup>3</sup> )	Setting time(min)		Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	Compressive strength(MPa)		
	Initial	Final		3 Days	7 Days	28 Days
3.15	225	340	3,410	25.1	40.8	57.4

Table 6. Physical Properties of Fine Aggregate

Specimen	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Absorption (%)	Unit mass (kg/m <sup>3</sup> )	Amount of passing 0.08mm sieve(%)	Fineness modulus
River sand (Nakdong-river)	2.54	2.15	1,660	4.25	2.72

Table 7. Properties of Chemical Admixture

Type	Specific gravity	pH	Solid content (%)	Quantity(%) (by mass of cement)	Main component
Superplasticizer	1.05	3~4	18	0.5~2.5	Polycarbonin acid admixture

Table 8. Mix Proportions of FRCCs

W/C(%)	Steel scrap content of total volume(%)	Water(kg/m <sup>3</sup> )	Cement(kg/m <sup>3</sup> )	Sand(kg/m <sup>3</sup> )	SP(%) (by mass of cement)
30	0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0	300	1,000	1,000	0.5
40	0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0	351	877	965	0

### 3.2.3 실험결과 및 고찰

#### 1) 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 작업성

Fig. 6 및 7은 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 작업성을 평가하기 위한 플로값을 나타낸 것으로, 물-결합재비 30%인 경우 SP제 첨가량이 시멘트 질량의 0.5%로 일정하였을 때, 선반 스크랩의 혼입률이 증가함에 따라 FRCCs의 플로값이 약간 감소하므로, 물-결합재비가 작은 경우 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 작업성은 선반 스크랩의 혼입률이 증가할수록 다소 감소하는 것으로 나타났으나, 강 스크랩의 뭉침현상은 없는 것으로 나타났다. 한편, 물-결합재비 40%인 경우는 SP제를 첨가하지 않아도 목표 플로값(210±20mm)을 만족하는 것으로 나타났으며, 선반 스크랩의 혼입률이 증가하여도 플로값이 감소되지 않아, 물-결합재비가 다소 큰 경우 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 작업성은 보통 콘크리트와 유사한 것으로 나타났다.

#### 2) 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 압축강도

Fig. 8 및 9와 Table 9는 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 재령 7일 및 28일 압축강도를 나타낸 것으로, 물-결합재비에 관계없이 선반 스크랩의 혼입률이 증가할수록 압축강도는 다소 감소하는 것으로 나타났으나, 유의성은 없는 것으로 나타났다. 즉, 물-결합재비가 30%인 경우 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 압축강도는 선반 스크랩 혼입률 2.0%까지 혼입한 경우에도 보통 콘크리트의 약 92%까지 발휘하였으며, 물-결합재비가 40%인 경우 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 압축강도는 선반 스크랩을 2.0%까지 혼입하여도 보통 콘크리트의 93%까지 발휘한 것으로 나타났다. 현장에서 FRCCs는 압축강도 증진보다는 휨강도 및 인성 개선 목적으로 사용하므로, 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 압축강도가 약간 감소하여도 사용상 문제가 없는 것으로 판단된다.

#### 2) 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 휨강도

Fig. 10 및 11은 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 재령 28일 휨강도를 나타낸 것으로, 물-결합재비에 관계없이 선반 스크랩 혼입률 최대 범위인 2.0%까지 휨강도가 개선되며, 선반 스크랩 혼입률 1.5%에서 최대 휨강도를 나타내며, 이 때 휨강도는 선반 스크랩을 혼입하지 않은 보통 콘크리트보다 약 10% 정도 개선되는 것으로 나타났다. 따라서 FRCCs 제조시 선반 스크랩은 활용 가능성이 있는 것으로 나타났다.



Table 9. Compressive and Flexural Strengths of FRCCs Containing Lathe Scrap

W/B(%)	Lathe scrap content of total volume(%)	Compressive strength(MPa)		Flexural strength at 28 days(MPa)
		7 Days	28 Days	
30	0.0	60.5	68.7	9.1
	0.5	59.1	67.6	9.8
	1.0	57.5	66.5	10.0
	1.5	56.8	64.7	10.1
	2.0	56.0	63.0	9.9
40	0.0	48.1	54.3	8.4
	0.5	45.2	53.2	8.7
	1.0	46.0	52.2	8.9
	1.5	45.7	51.0	9.2
	2.0	46.0	50.5	8.8

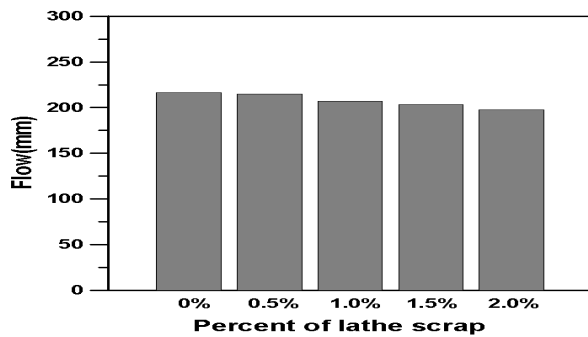


Fig. 6. Flow Values of FRCCs Containing Lathe Scrap(W/C=30%)

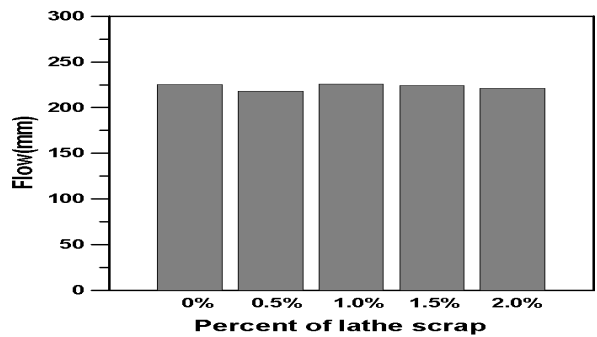


Fig. 7. Flow Values of FRCCs Containing Lathe Scrap(W/C=40%)

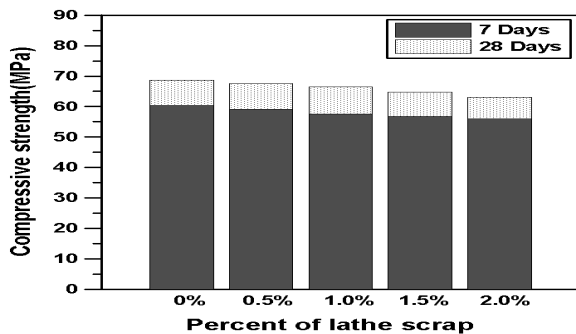


Fig. 8. Compressive Strengths of FRCCs Containing Lathe Scrap(W/C=30%)

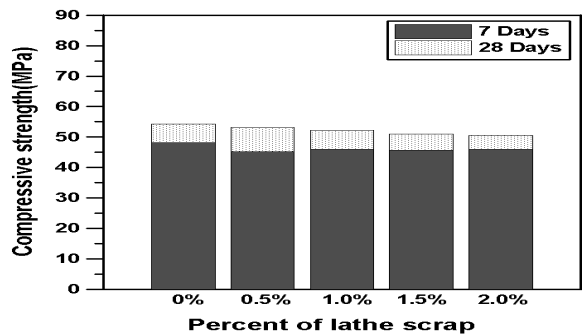


Fig. 9. Compressive Strengths of FRCCs Containing Lathe Scrap(W/C=40%)

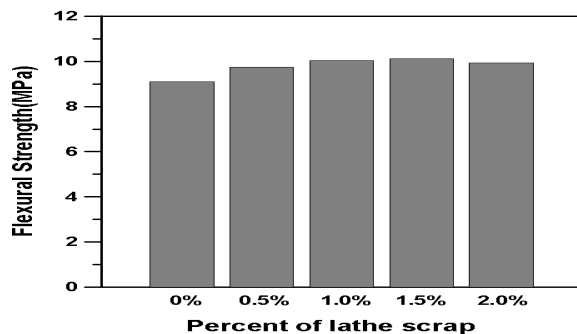


Fig. 10. Flexural Strengths of FRCCs Containing Lathe Scrap(W/C=30%)

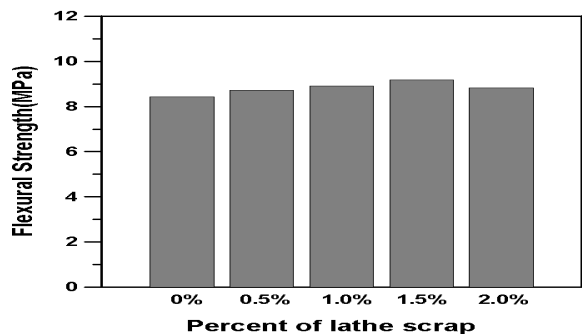


Fig. 11. Flexural Strengths of FRCCs Containing Lathe Scrap(W/C=40%)

#### 4. 결론

섬유보강 시멘트 복합체 제조를 위한 강 스크랩의 활용 방안을 제시하기 위하여 선반 스크랩의 물성과 이를 혼입한 FRCCs의 작업성 및 강도특성 평가로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 강 스크랩 종류별 밀도는 7.5~8.0 g/cm<sup>3</sup> 정도로 시판되는 강섬유의 밀도 7.7 g/cm<sup>3</sup>와 유사한 것으로 나타나, 강 스크랩의 밀도는 양호한 것으로 나타났다.
- (2) 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 작업성은 물-결합재비가 큰 경우 보통 콘크리트와 유사하나, 물-결합재비가 작은 경우 보통 콘크리트 보다 다소 저하되는 것으로 나타났으나, 강 스크랩 뭉침현상은 없는 것으로 나타났다.
- (3) 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 압축강도는 선반 스크랩의 혼입률이 증가함에 따라 보통 콘크리트보다 다소 저하되는 것으로 나타났으나, 선반 스크랩 2.0%까지 혼입한 경우의 압축강도는 보통 콘크리트의 92% 이상으로, 대체적으로 압축강도는 양호한 것으로 나타났다.
- (4) 선반 스크랩을 혼입한 FRCCs의 휨강도는 물-결합재비에 관계없이 선반 스크랩 혼입률 최대 범위인 2.0%까지 휨강도가 개선되며, 선반 스크랩 혼입률 1.5%에서 최대 휨강도를 나타내며, 이 때 휨강도는 선반 스크랩을 혼입하지 않은 보통 콘크리트보다 약 10% 정도 개선되는 것으로 나타났다.

#### 감사의 글

이 연구는 국토교통부 건설기술연구사업 방호·방폭 연구단 (과제번호 : 13건설연구S02)의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

#### References

- Bdour, A.N., Al-Khalayleh, Y.A. (2010). "Innovative application of scrap-tire steel cords in concrete mixes." *Jordan Journal of Civil Engineering*, Vol. 4, No. 1, pp.55-61.
- Murali, G., Vivek Vardhan, C.M., Prabu, R., Mohammed Sadaquath Ali Khan, Z., Aarif Mohamed, T., Suresh, T. (2012). "Experimental investigation on fibre reinforced concrete using waste materials." *International Journal of Engineering Research and Applications*, Vol. 2, Issue 2, pp.278-283.
- Vijayakumar, G., Senthilnathan, P., Pandurangan, K., Ramakrishna, G. (2012). "Impact and energy absorption characteristics of lathe scrap reinforced concrete." *International Journal of Structural and Civil Engineering Research*, Vol. 1, No. 1, pp.1-6.
- Ha, J.H., Yi, N.H., Kim, S.B., Choi, J.K., Kim, J.H. (2010). "Experimental Study on Blast Resistance Improvement of RC Panels by FRP Retrofitting." *Journal of the Korea Concrete Institute* Vol. 22, No. 1, pp.93-102.
- Kim, B.S., Kim, D.H., Lee, Y.D., Lim, N.G. (2013). "The mechanical and Chloride Penetration Properties of Concrete Mixed with Various Fiber." *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, Vol. 29, No. 11, pp.45-52.
- KS D 2101. (2011). "Classification Standard for Iron and Steel Scraps." Korean Standards Association.
- KS F 2403. (2010). "Standard test method of making and curing concrete specimens." Korean Standards Association.
- KS F 2405. (2010). "Standard test method for compressive strength of concrete." Korean Standards Association.
- Ministry of Knowledge Economy. (2010). "Supply stabilization policy of steel scrap."
- Yang, K.H. (2010). "Slump and Mechanical Properties of Hybrid Steel-PVA Fiber Reinforced Concrete." *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol. 22, No. 5, pp.651-658.