

# 폴리프로필렌섬유를 혼입한 콘크리트와 화강토콘크리트의 역학적 특성<sup>†</sup>

전형순

순천대학교 산림자원·조경학부 교수

## Mechanical Properties of Polypropylene Fiber mixed in Concrete and Granite Soil Concrete

Jun, Hyung-Soon

Professor, Dept. of Landscape Architecture, Sunchon National University

### ABSTRACT

The study conducted an experiment in which residual aggregate and polypropylene fibers are mixed in concrete, and an experiment in which granite and polypropylene fibers are mixed. Two types of experiments, in particular, changed the amount of polypropylene fibers, and examined the mechanical properties of slump, compressive strength, tensile strength and the like. To establish a light and easy-to-use material for landscape construction and packaging material development by comparing two kinds of experimental results, comparing and analyzing residual aggregate as experimental materials and materials using granite soil to prevent partial destruction due to cracks in drying shrinkage. The more the amount of the PP fibers increases in concrete, the more the volume of the PP fibers increases, the less the slump is determined. As a result of the compressive strength, the cast-down earth concrete is measured to be about 59% to 71% of the concrete strength. As the amount of PP fibers mixed in increased, the compression strength showed a relative decrease. As a result of tensile strength, it is found that the granite concrete is about 68-67% of concrete tensile strength. It was found that the compression strength decreased as the amount of PP fibers mixed in concrete or fire-gant concrete was increased. Then, when polypropylene fibers are mixed in the concrete and the concrete, it is found that tensile strength is increased. By analyzing these results, a fixed amount of PP fiber is mixed in the concrete mixed with the granite soil and utilized for various structures in the field of landscape construction or materials related to packaging, the prevention and improvement effect of the structure is determined.

*Key Words: Slump Test, Compressive Strengths, Tensile Strengths*

### 국문초록

본 연구는 콘크리트에 잔골재와 폴리프로필렌섬유를 혼입한 실험과 화강토와 폴리프로필렌섬유를 혼입한 실험을

<sup>†</sup>: 이 논문은 2015년 순천대학교 학술연구비로 연구되었음.

**Corresponding author:** Hyung-Soon Jun, Professor, Dept. of Landscape Architecture, Sunchon National University, Sunchon 57922, Korea, Tel.: +82-61-750-3877, E-mail: hsjun@sunchon.ac.kr

하였다. 특히 두 종류의 실험은 폴리프로필렌섬유의 양을 변경하여 슬럼프, 압축강도, 인장강도 등의 역학적 특성에 대하여 실험적으로 규명하였다. 두 종류의 실험 결과를 비교하여 잔골재를 실험 재료로 사용한 경우와 화강토를 사용한 재료를 비교 분석하여 건조 수축 균열로 인한 부분적인 파괴를 예방하고, 가벼워서 사용하기 편한 품질 좋은 조경용 구조물 및 포장재 개발의 기초자료를 수립하는데 목적이 있다. 콘크리트에서 PP 섬유의 양이 증가할수록 PP 섬유의 체적 또한 현저히 증가하게 되므로 슬럼프가 감소해지는 것으로 판단된다. 압축강도의 결과, 화강토콘크리트는 콘크리트 강도의 59%~71% 정도로 측정되었다. PP 섬유의 혼입량이 증가할수록 압축강도는 상대적으로 줄어드는 경향이 나타났다. 인장강도의 결과 화강토 콘크리트는 콘크리트 인장강도의 68%~67% 정도로 나타났다. PP 섬유를 콘크리트나 화강토콘크리트에서 혼입량을 증가시킬수록 압축강도가 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 콘크리트와 화강토콘크리트에 폴리프로필렌섬유를 혼입하면 인장강도가 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과들을 분석해 화강토를 혼입한 콘크리트에 일정량의 PP섬유를 혼입하여 조경분야의 각종 구조물 또는 포장과 관련된 재료에 활용하면 구조물의 취성에 의한 파괴 및 균열로 인한 바리 박락의 방지 개선효과가 있을 것으로 판단된다.

주제어: 슬럼프시험, 압축강도, 인장강도

## I. 서론

경제 활동량이 증가하면서 인간은 삶의 행복을 추구하기 위하여 자연과 접하려는 노력을 하게 된다. 또한, 이용하는 소재도 점차 친환경적인 재료를 필요로 한다. 우리들이 사용하는 가장 대표적인 친환경적인 소재들은 자연에서 쉽게 찾을 수 있는 목재와 흙이라 할 수 있겠다. 특히 친환경적인 흙은 활용 가치가 우수한 재료이며, 목재와 함께 이용을 위한 연구가 다양하게 이루어지고 있다. 자연에서 쉽게 얻을 수 있는 흙을 이용해서 자연생태공원에서 체험하기 위한 생태 탐방로, 휴양림에서 사색을 즐길 수 있는 산책로, 인간들이 이용하는 보행로, 자전거도로 및 농로 등에 많이 사용되고 있다. 흙을 조경용 포장재로 사용하기 위한 연구와 현장에서 다양한 방법으로 적용한 예는 많이 있었다. 예전에는 흙의 한 종류인 화강토를 포설하고 다진 후 사용하거나, 강도를 보강하기 위하여 석회를 혼합하여 사용하였다. 1990년대부터 황토 또는 화강토에 고회재나 시멘트를 혼입한 Soil-Concrete를 포장용으로 사용하기 시작했으나, Soil-Concrete의 제품들은 취성재료로서 휨강도, 인장강도 및 전단강도가 압축강도에 비해 약하며, 균열성장에 대한 저항성이 낮아 취성파괴를 일으키고 있다. 그리고 Soil-Concrete의 제품들은 시공 후 시간이 흐르면 균열 또는 부분적인 파괴 등이 발생하는 단점을 지니고 있다. 이러한 단점들을 개선하기 위하여 콘크리트에 와이어 메쉬를 보강하면 휨인성 등이 향상되어 구조적인 안전성을 확보할 수 있다. 또한, 재료 자체의 수축균열과 구조적인 균열 발생 및 성장을 제어할 수 있는 구조용 섬유로서의 특성도 가지고 있다(Gopalaratnam and Shah, 1987; Beaudoin, 1990). 그러나 사람들의 접근은 가능하나 차량 접근이 불편한 지역에서 와이어 메쉬를 보강한 콘크리트를 이용할 경우 자재운반이 어렵고, 시공성이 떨어져 공사비와 공사기간이 증가하나, 대체 보강재 부족으로 와이어 메쉬를 사용

하고 있어, 비용을 절감하기 위한 섬유보강재의 사용은 많지 않은 실정이다(Won *et al.*, 2002). 흙의 결합력과 강도 증진을 위하여 시멘트 또는 혼화재료 등을 흙에 혼입하여 주차장, 자전거 전용도로 및 광장 등의 포장재로 사용하였고, 연약지반 개량 및 사면보호공 등 여러 분야에서 활용하기 위한 연구가 있었다(Jun, 2013; Kim *et al.*, 2010; Seo *et al.*, 2000). 그리고 재료별 연구특성의 동향은 PP 섬유를 이용하여 CSG (Cemented Sand and Gravel) 재료에 혼입하여 혼입률 및 형상에 따른 CSG 재료의 동결융해에서 다짐, 압축강도 및 저항성의 특성에 관한 연구가 있었다(Yeon *et al.*, 2010; Kim *et al.*, 2010). 농촌의 경작로 포장재의 개발에 자연친화적인 흙, 천연골재, 고회재, 폴리프로필렌(Polypropylene, 이하 PP로 표기) 섬유 등을 혼입한 연구가 있었다(Seo *et al.*, 2000; Sung *et al.*, 2001).

본 연구는 실험을 통하여 콘크리트에는 잔골재를 혼입하고, 화강토콘크리트에는 환경의 파괴로 점차 사라져가는 잔골재인 모래를 대체할 수 있는 화강토를 혼입하였다. 또한, 취성파괴를 보강하는 PP 섬유는 대부분 길이가 45mm 미만이었으나, 이번 실험에는 길이가 45mm 이상인 PP 섬유를 혼입하여 슬럼프시험, 압축강도, 인장강도 등의 역학적 특성을 구명하였다. 가벼워서 사용하기 편하며, 부분적인 파괴 및 건조수축균열을 예방하고, 화강토에 품질이 우수한 PP 섬유를 혼입시켜서 포장재의 효용성을 검증하여 조경분야에서 사용할 수 있는 포장재 및 구조물을 개발하는데 필요한 기초자료 수립에 그 목적이 있다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 사용재료

#### 1) 잔골재

전라남도 순천시 승주 지역에서 채취된 잔골재를 사용하였고, 각 표준체의 가적 잔유율로 계산한 조립률은 2.88로써 잔골재 조립률 범위 안에 있어 콘크리트 배합에 적합하다. 체를 통과한 잔골재 양에 대한 중량백분율의 물리적 성질은 Table 1과 같으며, Figure 1은 잔골재의 입도분포도이다.

2) 화강토

전라남도 순천시 해룡면 지역에서 채취한 화강토를 9.5mm 체로 체가름하여 사용하였고, 체를 통과한 화강토 양에 대한 중량백분율의 그 물리적 성질은 Table 2와 같으며, 체가름한 화강토의 입도분포도는 Figure 2와 같다.

3) 굵은 골재

전라남도 순천시 서면 지역에서 생산된 굵은 골재를 사용하였고, 체를 통과한 굵은 골재량에 대한 중량백분율의 물리적 성질은 Table 3과 같다. 체가름한 굵은 골재 조립률은 6~8사이 에 있고, 각 표준체의 가적 잔유율로 계산한 굵은 골재의 조

Table 1. Physical properties of sand

Specific gravity	Absorption ratio(%)	Sieve analysis ratio (%)							Fineness modulus
		10mm	5mm	2.5mm	1.2mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm	
2.60	1.07	100	98.5	91	65	34	20	3.7	2.88

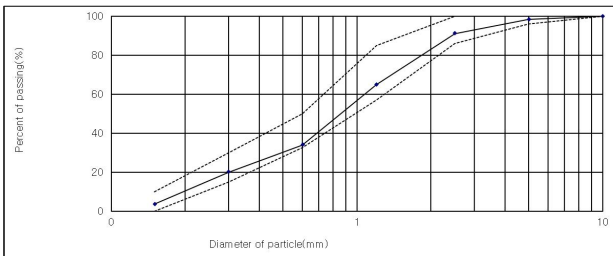


Figure 1. Gradation curve of sand

Table 2. Physical properties of granite soil

Specific gravity	Absorption ratio(%)	Sieve analysis ratio (%)							Fineness modulus
		10mm	5mm	2.5mm	1.2mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm	
2.93	1.26	100	99.9	81.8	55.0	34.0	12.0	3.6	3.14

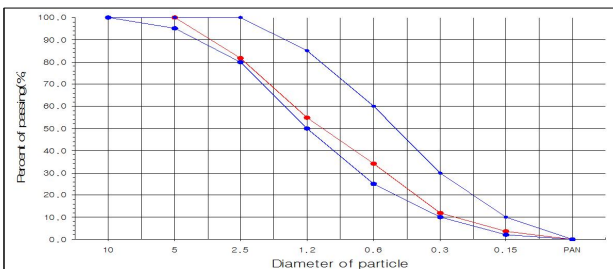


Figure 2. Gradation curve of granite soil

Table 3. Physical properties of coarse aggregate

Specific gravity	Gravel maximum size(mm)	Sieve analysis ratio (%)						Fineness modulus
		40mm	25mm	19mm	10mm	No. 4	No. 8	
2.65	40.0	100	95.0	60.0	20.0	10.0	0	7.15

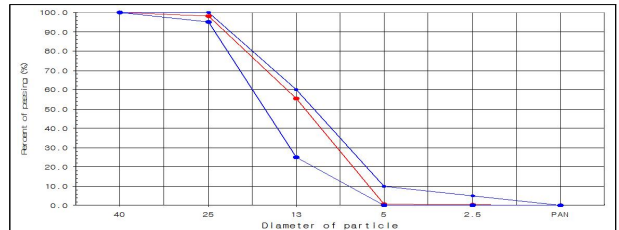


Figure 3. Gradation curve of coarse aggregate

립률은 7.15이므로 콘크리트 배합 사용에 적합하였다. Figure 3 굵은 골재의 입도분포도이다.

4) 시멘트

본 연구에는 사용된 고로슬래그시멘트는 국내 H사에서 생산된 제품으로, 물리적 성질 및 화학적 성분은 Table 4와 같다.

5) Polypropylene fiber

콘크리트의 휨강도와 균열방지의 증진을 위하여 국내 R회사에서 생산된 일자형 PP 섬유제품을 사용하였으며, PP 섬유의 물리적 특성으로는 길이 45mm, 인장강도 330N/mm<sup>2</sup>, 밀도 0.91kg/m<sup>3</sup>이며, Table 5와 같고, Figure 4는 PP 섬유의 형태이다.

2. 콘크리트 배합설계

배합은 편의성과 다짐을 위해 잔골재, 굵은 골재와 화강토는 표면 건조 포화상태로 하여 사용하였다. Table 7에 사용되는 화강토(Granite Soil)는 Table 6의 잔골재 대체용으로 시험하는 화강토의 양과 잔골재의 양은 같도록 하였다. 잔골재, 굵은 골

Table 4. Chemical composition and physical properties of blast furnace cement (Unit: %)

CaO (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	MgO (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SO <sub>3</sub> (%)	Loss on ignition (%)	Specific gravity	Fineness (cm <sup>2</sup> /g)
41.42	34.95	17.29	3.27	0.69	0.03	0.01	2.90	4,900

Table 5. Physical properties of polypropylene fiber

Item	Length (mm)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Tensile strength	Melt point (°C)
Polypropylene	45	0.91	330 N/mm <sup>2</sup>	160~165



Figure 4. Polypropylene fiber

재, 화강토, 시멘트의 양은 고정이며, PP 섬유 양을 변화시킨 배합설계를 하였다. 배합의 양은 1m<sup>3</sup>에 각 재료의 중량을 대비하여 정하였다. 배합순서는 화강토 또는 잔골재, 굵은 골재, 시멘트, PP 섬유로 혼입하고 비빈 후 정해진 양의 물을 첨가하였다. 배합에 필요한 물의 혼입 순서가 마지막인 이유는 물의 혼입이 처음 또는 중간에 이루어지면 각 재료가 골고루 섞이지 않고 편중되게 섞일 수 있기 때문이다. 폴리프로필렌의 양과 잔골재의 종류를 변화시켜 혼입한 콘크리트의 역학적 특성을 알아보기 위해 폴리프로필렌섬유를 콘크리트에 혼입한 배합설계는 Table 6과 같고, 폴리프로필렌섬유를 화강토 콘크리트에 혼입한 배합설계는 Table 7과 같다.

### 3. 시험방법

시험은 KS에 규정에 따라 실시하였으며, 실험의 결과는 3회 반복한 시험의 평균값으로 하였다.

#### 1) 슬럼프시험

슬럼프시험은 KS F 2402에 따라 각 배합의 물과 시멘트비는 동일하게 한 후 윗면 지름 100mm, 밑면 지름 200mm, 높이 300mm의 원뿔형 슬럼프콘을 사용하였으며, 다짐을 위해서 지름 16 mm, 길이 500 mm인 강봉을 사용하였다. 콘크리트를 1/3부피씩으로 나누고, 강봉을 이용하여 각각 25회씩 균일하게 다진 후 몰드를 수직으로 천천히 끌어올려서 콘크리트를 빼면

Table 6. Mix design of blast furnace cement concrete reinforced polypropylene fiber (Unit: kg/m<sup>3</sup>)

Mix type	Sand	Blast furnace cement	Gravel	Polypropylene fiber
BCP 1	745	350	1093	0
BCP 2	745	350	1093	1
BCP 3	745	350	1093	3
BCP 4	745	350	1093	5
BCP 5	745	350	1093	7
BCP 6	745	350	1093	9

\* BCP: Blast furnace cement concrete mixed with polypropylene fiber

Table 7. Mix design of granite soil concrete reinforced polypropylene fiber (Unit: kg/m<sup>3</sup>)

Mix type	Granite soil	Blast furnace cement	Gravel	Polypropylene fiber
GP 1	745	350	1093	0
GP 2	745	350	1093	1
GP 3	745	350	1093	3
GP 4	745	350	1093	5
GP 5	745	350	1093	7
GP 6	745	350	1093	9

\* GP: Granite soil concrete mixed with polypropylene fiber

그 유연함에 따라 형태가 무너진다. 그때 정상면에서 밑의 높이를 측정하여 슬럼프 몇 cm로 표시하였다.

#### 2) 압축강도시험

압축강도시험의 시험편 제작에는 KS F 2405에 따라 제작하였다. 지름을 0.1mm, 높이를 1mm까지 측정하였다. 공시체는 수중에서 재령28일 양생한 공시체로 시험하기 직전에 물에서 꺼내 건조시키지 않은 상태에서 압축시험기 KS B 5533의 6(시험기의 등급)에 규정하는 1등급 이상의 것으로 수행하였다. 하중은 공시체의 중심과 가압면의 중심이 일치되어 단면 전체에 균일하게 가해지도록 하고, 하중은 공시체에 충격을 주지 않도록 똑같은 속도로 가하여야 한다. 하중을 가하는 속도는 압축 응력도의 증가율이 매 초 0.6±0.4MPa가 되도록 한다. 응력의 증가분은 매 초 0.15~0.34 MPa 정도가 되도록 하중을 일정한 속도로 하중을 가하여 공시체가 파괴점에 도달할 때까지 가압하였고, 공시체의 단면적은 길이 쪽으로 3등분하여 정밀도 0.25mm까지 측정된 지름을 평균하여 산출하였다.

#### 3) 인장강도시험

인장강도시험의 시험편 제작은 압축강도시험에 사용한 시험편과 동일하게 제작하였으며, 공시체는 수중에서 재령28일 양생한 공시체로 시험하기 직전에 물에서 꺼내 습윤 상태로 압축시험기 KS B 5533의 6(시험기의 등급)에 규정하는 1등급 이상의 것으로 수행하였다. 하중은 공시체의 중심과 가압면의 중심이 일치하여 편심이 생기지 않아야 한다. 재하속도는 공시체가 파괴될 때까지 계속적으로 충격 없이 하중을 가하되 인장강도가 0.7~1.4MPa의 일정한 비율로 증가하도록 하여야 한다. 응력의 증가분은 매 분 0.49~0.98MPa 정도가 되도록 일정한 속도로 하중을 가하여 공시체가 파괴점에 도달할 때까지 가압하였다. 공시체의 지름은 중앙부 3곳과 양단부 근처의 지름을 정밀도 0.2mm까지 측정하였고, 공시체 길이는 2개소 이상 정밀도 2mm까지 측정하여 평균하여 산출하였다. Figure 5는 인장강도 시험광경이다.



Figure 5. Toughness test apparatus

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 슬럼프

콘크리트와 화강토 콘크리트에 PP 섬유를 혼입하여 반죽 질기와 관련된 슬럼프 시험을 수행하였다. 결과는 Table 8과 Figure 6에서 보는 것과 같이 섬유 혼입량에 따른 콘크리트의

Table 8. Test results of blast furnace cement concrete and granite soil concrete

Mix type	Slump (cm)	Compressive strength(MPa)	Tensile strength (MPa)
1	BCP	3.5	26.32
	GP	2.9	18.06
2	BCP	3.2	26.13
	GP	2.8	16.62
3	BCP	3.5	25.65
	GP	2.0	18.35
4	BCP	3.4	25.69
	GP	1.0	15.18
5	BCP	1.7	23.43
	GP	0.7	14.53
6	BCP	0.9	19.49
	GP	0.5	13.72

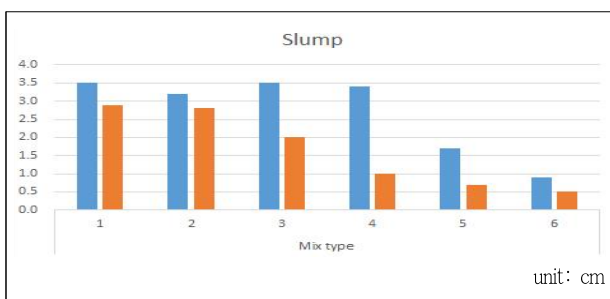


Figure 6. Comparison of test for slump of concrete by type  
Legend: ■ BCP ■ GP

슬럼프 결과는 0.9~3.5cm의 범위로 나타났으며, 화강토를 혼입한 콘크리트의 슬럼프 결과는 0.5~2.9cm의 범위로 나타났다. 섬유보강 콘크리트에서의 슬럼프 시험은 섬유투입방법, 섬유모양 및 골재의 크기에 의한 영향도 있지만, 섬유 체적비와 형상비에 의해서도 중요한 영향을 받는다(Hannat, 1978)는 결과를 알 수 있었다. 콘크리트와 화강토 콘크리트에서 PP섬유의 혼입량이 증가할수록 슬럼프가 감소하는 경향을 보였다. 특히, 화강토 콘크리트는 콘크리트보다 슬럼프의 감소량이 높게 나타났으며, 이는 화강토에 미립분이 많이 포함되어 있어 수분을 흡수하여 슬럼프가 감소한 것으로 판단되었다. 그리고 콘크리트 구조물에 주어지는 응집력의 정도에 PP 섬유가 결정적으로 영향을 미치며, 섬유의 길이가 증가할수록 총 응집력도 증가하게 되나, 혼합 시 슬럼프가 줄어든다(Ha and Yang, 2004)는 기존의 연구결과와 유사한 결과를 나타냈었다.

#### 2. 압축강도

콘크리트와 화강토 콘크리트에 PP 섬유를 혼입하여 PP 섬유 혼입량의 변화에 따른 압축강도와와의 관계를 분석해 보았다. 압축강도의 결과는 Table 8과 Figure 7에서 보는 것과 같이 압축강도의 결과는 콘크리트는 19.49~26.32MPa이고, 화강토 콘크리트에서는 13.72~18.35MPa로 나타났다. 화강토콘크리트는 콘크리트와 비교하면 압축강도가 고로슬래그를 혼입한 콘크리트의 59~71% 정도로 측정되었다. 화강토콘크리트에 사용되는 화강토는 공극률이 크므로 콘크리트보다 압축강도에서 낮은 결과를 나타냈다.

Table 8과 Figure 4에서는 섬유의 혼입량이 증가할 경우, 압축강도는 감소하는 경향으로 나타났다. 이러한 결과는 PP 섬유 혼입량 증가함에 따라 콘크리트에 포함되어진 섬유의 체적의 증가로 인하여 PP 섬유와 모르타르와의 공극의 발생과 접착력 저하로 인한 균열의 발생으로 강도가 저하된 것으로 나타났다. 또한, 섬유 혼입량의 변화에 따른 미세공극의 증가와 부착강도의 감소로 압축강도가 감소한 것으로 판단되며, 압축강도는 섬유의 강도, 섬유의 혼입량, 섬유의 분포성, 섬유의

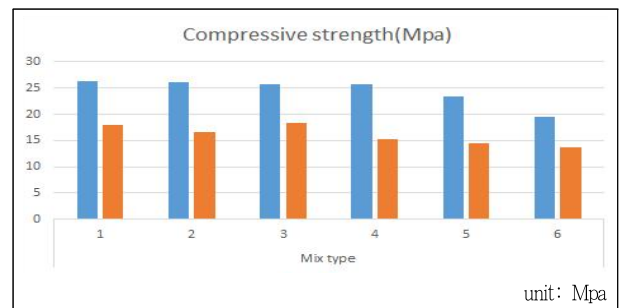


Figure 7. Comparison of compressive strength by type  
Legend: ■ BCP ■ GP



길이, 섬유유 선형성 및 섬유유의 부착특성에 의해 중요한 영향을 받는다는 발표가 있었고(Beaudoin, 1990), 섬유유의 혼입이 압축강도 증가에 미치는 영향은 크지 않다는 기존의 연구결과(Gopalaratnam and Shah, 1987)와도 유사한 결과를 나타냈다.

### 3. 인장강도

PP 섬유 혼입이 인장강도에 미치는 영향은 Table 8과 Figure 8에서 보는 바와 같이 콘크리트의 시험결과는 2.10~2.44MPa의 범위로 나타났고, 화강토콘크리트에서 나타난 시험결과 범위는 1.43~1.64MPa이다. PP 섬유유의 혼입량을 콘크리트나 화강토콘크리트에서 증가시킬수록 압축강도가 동일하게 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 콘크리트와 화강토콘크리트의 인장강도의 차이는 화강토콘크리트가 콘크리트에 비하여 평균 67.81% 정도 작은 것으로 연구결과가 나타났으나, 섬유유의 혼입율이 압축강도에 주는 영향은 크나, 인장강도에는 큰 영향을 미치지 않는다는 연구 결과(Beaudoin, 1990)와는 다르게 인장강도가 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 공시체가 균열 발생 후 바로 파괴되지 않으며, 어느 정도 하중에 저항하고 있다는 것은 파괴된 콘크리트에 존재하는 섬유유가 파괴면을 따라 하중에 대하여 계속적으로 저항하고 있는 것으로 판단되었다. 섬유유를 혼입한 시험체가 최대하중에 도달했을 때 균열이 발생하였으나, 섬유유가 혼입되어 있지 않은 시험체의 경우처럼 급속한 파괴가 일어나지는 않았다. 섬유유를 혼입한 시험체는 균열이 상당히 진행된 후에도 섬유유의 Bridging 작용으로 인하여 급격한 파괴가 일어나지 않고 천천히 파괴되는 경향을 나타내었으며, 섬유유가 혼입되어 있지 않은 시험체의 경우에는, 최대하중에 도달한 후 급속한 파괴가 일어났다(Mindness, 1987). 이런 현상은 기존의 연구와 유사한 경향을 나타내었으며, 적정량의 섬유유를 콘크리트에 혼입함으로써 인장강도의 성능이 개선되는데 상당한 효과가 있을 것으로 예상된다.

## IV. 결론

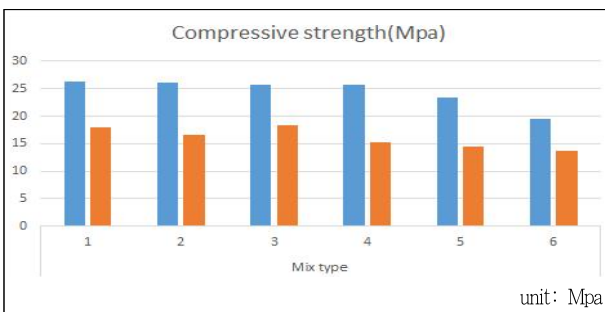


Figure 8. Comparison of tensile strength by type  
Legend: ■ BCP ■ GP

본 연구에서 PP 섬유유를 콘크리트와 화강토콘크리트에 혼입량을 변경하여 하였을 경우, 나타나는 역학적 특성에 대하여 비교하고 평가해서, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 섬유 혼입량에 따른 콘크리트의 슬럼프는 0.9~3.5cm의 범위로 나타났으며, 화강토를 혼입한 콘크리트의 슬럼프는 0.5~2.9cm의 범위로 나타났다. 섬유유의 혼입량 증가는 슬럼프 값의 감소로 나타났으며, 이는 화강토에 있는 많은 미립분이 수분을 다량 흡수하여 슬럼프가 저하된 이유보다는 PP의 섬유유량이 증가하면 콘크리트에서 차지하는 PP섬유유의 체적 또한 증가하므로 슬럼프가 감소한 것으로 판단된다.

2) 압축강도의 결과는 콘크리트는 19.49~26.32MPa이고, 화강토 콘크리트는 13.72~18.35MPa의 범위로 나타났다. 화강토콘크리트는 콘크리트와 비교하면 압축강도가 콘크리트의 59%~71% 정도로 측정되었다. 화강토콘크리트에 사용되는 화강토는 공극률이 크므로 콘크리트보다 압축강도에서 낮은 결과를 나타냈다. 섬유유의 혼입량이 증가할 경우, 압축강도는 감소하는 경향으로 나타났다. 이러한 결과는 PP섬유 혼입량 증가함에 따라 콘크리트에 포함되어진 섬유 체적의 증가로 인하여 PP 섬유유와 모르타르와의 공극의 발생과 접착력 저하로 인한 균열의 발생으로 강도가 떨어지는 것으로 나타났다. 또한, 섬유 혼입량의 변화에 따른 미세공극의 증가와 부착강도의 감소로 압축강도가 감소한 것으로 판단된다.

3) 인장강도의 결과에서 콘크리트의 시험결과 범위는 2.10~2.44MPa로 나타났다. 그리고 화강토콘크리트에서 나타난 시험결과의 범위는 1.43~1.64 MPa로 나타났다. PP 섬유유를 혼입한 콘크리트나 화강토콘크리트에서 혼입량을 증가시킬수록 압축강도가 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 화강토콘크리트와 콘크리트의 인장강도의 차이는 화강토콘크리트가 콘크리트에 비하여 평균 67.81% 정도로 작게 나타났다. 그리고 공시체가 균열 발생 후 바로 파괴되지 않고 어느 정도 하중에 저항하고 있다는 것은 파괴된 콘크리트에 존재하는 섬유유가 파괴면을 따라 하중에 대하여 계속적으로 저항하고 있는 것으로 판단되었다.

아울러 적정량의 PP 섬유유를 콘크리트에 혼입함으로써 인장강도의 성능이 개선되는데 효과가 있을 것으로 판단된다.

토목과 건축 등에서는 폴리프로필렌섬유를 사용하여 각종 구조물에 인장능력을 향상시키는 실험을 지속적으로 하여 다양한 분야에서 사용하고 있으나, 조경분야에서 관련된 연구와 사용가능한 분야는 현재 미흡하여 토목이나 건축의 연구결과를 참고할 수밖에 없는 한계점이 있다. 향후 이러한 결과들을 분석해 콘크리트에 일정량의 PP 섬유유를 혼입하여 조경분야의 각종 구조물 또는 포장과 관련된 재료에 활용하면 구조물의 취성에 의한 파괴 및 균열로 인한 박리 박락의 방지 개선효과가 있을 것으로 판단된다.

## References

1. Beaudoin, J. J.(1990) Handbook of Fiber Reinforced Concrete: Principles, Properties, Developments and Applications, Noyes Publications.
2. Gopalaratnam, V. S. and S. P. Shah(1987) Tensile failure of steel fiber reinforced concrete subjected to impact loading. Journal of the ACI 83(1): 117-126.
3. Ha, T. W. and H. S. Yang(2004) Development polypropylene fiber for shotcret. Journal of Korean Society For Rock Mechanics 14(4): 241-247.
4. Hannant, D. J(1978) Fibre Cements and Fibre Concrete, John Wiley & Sons.
5. Jun, H. S.(2013) Mechanical properties of granite soil concrete with polypropylene fiber wire mesh. Journal of Society of Environmental Technology 14(2): 135-143.
6. Kim, Y. I., K. S. Yeon and Y. S. Kim(2010) The compaction and compressive strength properties of CSG material reinforced polypropylene fiber. Journal of The Korean Society Agricultural Engineers 52(4): 73-81.
7. Mindness, S.(1987) Properties of concrete reinforcement with fibrillated polypropylene fiber under impact loading. Cement and Concrete Research 18: 100-114.
8. Seo, D. S., Y. I. Kim, H. J. Jeong, K. S. Nam, J. S. Lee and C. Y. Sung(2000) Experimental study on the strength and permeable properties of soil-concrete. Journal of The Korean Society Agricultural Engineers 278-283.
9. Sung, C. Y., S. H. Lee and C. S. Song(2001) Physical and mechanical properties of eco-concrete with polypropylene fiber. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers 43(1): 116-121.
10. Won, J. P., W. J. Jeon, C. K. Park and I. S. Jung(2002) Effect of polypropylene fiber on reduction of shrinkage crack and improvement of durability of rural road concrete pavement. Journal of The Korean Society Agricultural Engineers 44(1): 134-141.
11. Yeon, K. S., Y. I. Kim, S. H. Hyun and Y. S. Kim(2010) Compressive strength properties and freezing and thawing resistance of CSG materials. Journal of The Korean Society Agricultural Engineers, 52(1): 51-59.

---

Received : 09 November, 2018

Revised : 21 December, 2018 (1st)

28 December, 2018 (2nd)

Accepted : 28 December, 2018

3인익명 심사필