



섬유보강 다공성 옥상녹화 황토콘크리트의 물리·역학적 및 온도변화 특성 평가

Physical · Mechanical and Temperature Properties of Fiber Reinforced Porous Green Roof Hwang-toh Concrete

오리온* · 김춘수** · 김황희** · 전지홍*** · 권완식**** · 박찬기*****,†

Oh, Ri On · Kim, Chun Soo · Kim, Hwang Hee · Jeon, Ji Hong · Kwon, Wan Sig · Park, Chan Gi

ABSTRACT

The physical, mechanical, water purification and temperature properties of fiber reinforced porous hwang-toh green roof concrete have been evaluated in this study. The effect of the depending on replacement ratio of blast furnace slag to cement was investigated such that the replacement ratio is varied to 0 % and 30 %. Also, the replacement ratios of hwang-toh were 0, 20 and 30 %. The polyvinyl alcohol fiber was used for the reinforcing fiber. A series of pH test, unit weight, void ratio, compressive strength, after purification and variation of temperature test have been performed to evaluate the performance, water purification effect and temperature properties of the fiber reinforced porous hwang-toh green roof concrete. The test results indicate that the physical and mechanical properties of fiber reinforced porous hwang-toh green roof concrete is affected by the replacement ratio of the blast furnace slag and hwang-toh contents. Results of purifying water showed that the water purification effect of porous hwang-toh green roof concrete is about 40 %. Also, the temperature properties test results indicate the green roof blocks using fiber reinforced porous hwang-toh green roof concrete have insulation and temperature reduction effect.

Keywords: blast furnace slag; green roof concrete; hwang-toh; porous concrete; temperature properties; insulation effect

1. 서 론

옥상녹화란 옥상, 지붕은 물론 지하주차장 상부와 같은 인공적인 구조물 위에 인위적인 지형, 지질의 토양층을 새롭게 형성하고 식물을 식재하거나 수공간을 만들어 녹지공간을 조성하는 것을 말하며, 건축으로 인해 파괴된 토양 생태계를 옥상에 복원하는 의미를 가진다 (Yang, 2004). 옥상녹화는 생태계에서 가지는 기능의 회복을 가능하게 하며 자연생태의 녹지와 마찬가지로 주변의 동·식물이 서식할 수 있는 공간을 제공할 뿐만 아니라 우수를 저장하고 유출시간을 지연시켜줌으로써 도시홍수와 지하수 고갈 문제에 대처할 수 있는 효과가 있다 (Seoul metropolitan governmen, 2007; Ahn et al., 2011). 특히, 옥상녹화 성능실험

결과 토심 10 cm의 옥상녹화 시스템은 연강수량의 70 % 이상을 저장하는 것으로 보고된 바 있으며 (Korea environment institute, 2007), 비녹화지 건물에 비해 열전도율이 낮아 6.4 %~13.3 % 정도의 건축물 냉난방에너지 절약효과가 나타났다 (Lee and Kim, 2004; Lee et al., 2011). 현재 옥상녹화의 종류는 저관리·경량형, 관리·중량형, 혼합형 등의 일반적 분류, 관리·저관리·비관리 등의 유지관리방식에 따른 구분, 전면녹화와 부분녹화 등의 적용방식(면적)에 따른 구분, 기존 건물녹화와 신축 건물녹화의 적용 대상 건물에 따른 구분, 평탄형과 경사형의 지붕 경사에 따른 분류와 같이 건축구조학적인 분류유형이다 (Yang, 2004). 옥상녹화에 가장 기본적이고 중요한 사실은 식물의 생육기반이 되는 토양층의 확보인데, 종래의 공법에서는 건물과 식재를 분리하여 취급하였기 때문에 식재에 필요한 토양은 옥상에 성토하는 방법으로 공사를 하였다 (Yang, 2004; Seoul Metropolitan Government, 2007). 그러나 이와 같은 공법은 건물의 하중이 증가되는 문제점이 발생하였고, 이를 개선하기 위하여 이제까지 옥상녹화에 관한 연구 및 개발은 주로 투수층 및 토양의 경량화에 초점을 맞추어 전개되어 왔다 (Ahn et al, 2010). 최근 들어서는 옥상녹화 설치시 콘크리트 식생블록을 이용하는 경우와 인공식생토를 바로 적용하는 방법에 대한 연구가 진행되

* 공주대학교 일반대학원 농공학과
 ** (주)자연과환경 기술연구소
 *** 안동대학교 환경공학과
 **** 공주대학교 산업과학대학원 지역건설공학전공
 *****공주대학교 지역건설공학과
 † Corresponding author Tel.: +82-41-330-1266
 Fax: +82-41-330-1269
 E-mail: cgpark@kongju.ac.kr

2013년 4월 30일 투고
 2013년 6월 20일 심사완료
 2013년 6월 20일 게재확정

었다 (Cho et al., 2012; Kim et al., 2012). 다공성 식생콘크리트에 대한 연구는 다양하게 진행되어 많은 효과를 얻고 있다 (Sung and Kim, 2002, 2003; Youn et al., 2009). 다공성 콘크리트 식생블록은 배수판의 설치를 생략할 수 있고, 성토되는 인공식생토의 양도 감소시킬 수 있어 투수성 및 토양의 경량화 문제를 해결할 수 있다. 특히 다공성 식생블록은 고로슬래그 미분말 및 황토 등을 이용하여 시멘트의 사용량을 대체함으로써 시멘트 생산으로 인한 CO₂ 발생량을 감소시키고, 산업부산물을 재활용하기 때문에 친환경성을 확보하고 있다 (Choi et al., 2001; Kim et al., 2010). 또한 굵은골재를 고로슬래그 골재로 대체하여 사용할 수 있다. 고로슬래그 골재의 경우 흡수율이 높고, 고로슬래그의 성분을 가지고 있어 식물 생장에 큰 요인인 pH 값을 낮출 수 있으며 골재의 표면에 공극이 많아 블록의 경량성을 확보할 수 있다 (Lee and Park, 2010). 본 연구에서는 고로슬래그 굵은 골재, 고로슬래그 미분말, 황토, 폴리비닐알코올섬유를 이용한 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 압축강도, 공극률, pH, 단위 중량특성 및 옥상녹화에 적용 후 수질정화효과 및 온도변화 특성을 평가하였다. 이를 위하여 굵은 골재로는 100 % 고로슬래그 굵은 골재를 적용하고, 시멘트는 고로슬래그 미분말과 황토로 치환함으로써 시멘트의 사용량 감소시켰다. 또한 폴리비닐알코올섬유를 체적비로 0.2 % 사용하여 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 물리·역학적 성능을 향상시키 고자 하였다.

II. 실험계획

1. 사용재료

본 연구에서는 1종 보통 시멘트, 소성 황토, 폴리비닐알코올 (polyvinyl alcohol; PVA)섬유, 고로슬래그 굵은 골재 및 고로슬래그 미분말 (blast furnace slag; BFS)를 사용하였으며 황토, 고로슬래그, 고로슬래그 골재의 특성은 Table 1, Table 2

및 Table 3과 같다. 또한 친수성 섬유로 폴리비닐알코올섬유를 적용하였으며 폴리비닐알코올섬유는 표면이 수산기로 구성되어 있어 콘크리트와 부착력이 우수한 특성을 가지고 있다. 보강섬유의 물리·역학적 특성은 Table 4와 같다.

2. 배합설계

본 연구에서는 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 물리·역학적 특성을 평가 하였다. 고로슬래그 골재의 크기는 최대 치수 25 mm를 사용하였다. Table 5는 본 연구에서 적용한 배합비를 나타낸다. 배합은 시멘트의 사용량을 최소화하기 위하여 시멘트의 일정량을 고로슬래그 미분말 및 황토로 치환하였다. 고로슬래그 미분말은 시멘트 중량에 0 % 및 30 %를 치환하였고, 황토는 시멘트 중량에 0 %, 10 % 및 20 %를 치환하였다. PVA

Table 1 Composition of hwang-toh (Unit : wt.%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
40.0	32.9	7.79	0.39	1.54	0.76	1.73

Table 2 Composition of blast furnace slag (Unit : wt.%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO	S
33.1	13.9	0.29	42.4	6.1	0.4	0.96	0.66

Table 3 Physical properties of blast furnace slag coarse aggregate

Density (g/cm ³)	Absorption ratio (%)	Fineness modulus
2.20	0.70	6.80

Table 4 Physical and mechanical properties of PVA fiber

Modulus of elasticity (GPa)	Density (g/cm ³)	Fiber length (mm)	Tensile strength (MPa)
1.1×10 ³	1.26	6	686

Table 5 Mix proportions of fiber reinforced porous green roof hwang-toh concrete

Type of mix	W/B' (%)	Unit weight (kg/m ³)							
		Water	Binder**	Cement	BFS***	Hwang-toh	BFS agg.	PVA Fiber	Superplasticizer
No. 1	26.5	81.50	322.50	322.50	-	-	1450.00	2.52	3.225
No. 2				258.00	-	64.50			
No. 3				225.70	-	96.75			
No. 4				225.75	96.75	-			
No. 5				161.25	96.75	64.50			
No. 6				128.95	96.75	96.75			

*: Water/binder ratio

** : Cement + blast furnace slag

***: Blast furnace slag

섬유는 체적비로 0.2 % 적용하였다. 나프탈렌계 유동화제는 배합시 유동성을 확보하기 위하여 적용하였다.

3. 시험방법

가. pH

섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 pH를 측정하기 위하여 KSM 0011에 방법을 적용하였다. 시험은 직경 100 mm, 높이 200 mm 원주형 공시체를 제작하여 재령 28일 동안 양생한 다음 상부에서 60 ml의 증류수를 산포하여 하부에 흘러나온 증류수의 pH를 측정하였다.

나. 공극률

섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 공극률을 측정하기 위하여 직경 100 mm, 높이 200 mm인 원주형 시험체를 일본콘크리트 공업협회 에코콘크리트 연구위원회의 포러스콘크리트 공극률 시험방법(안) 중 용적법에 준하여 실시하였으며 재령 28일에 식 (1)을 이용하여 산출하였다.

$$P_o = 1 - \frac{W_2 - W_1}{V} \times (100) \quad (1)$$

여기서, P_o : 공극률 (%)

W_1 : 공시체의 수중에서의 중량 (g)

W_2 : 건조된 공시체의 중량 (g)

V : 공시체의 체적 (m^3)

다. 단위용적중량

섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 단위용적중량을 측정하기 위하여 KS F 2462 구조용 경량콘크리트의 단위중량 시험방법에 따라 실시하였다.

라. 압축강도

섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 강도특성을 평가하기 위하여 KSF 2405에 따른 압축강도 시험을 실시하였다. 시험은 직경 100 mm, 높이 200 mm의 공시체를 제작한 후 24시간 동안 23 ± 2 °C, 상대습도 약 58 %에서 초기 양생을 실시한 후에 탈형하여 28일 간 수중양생을 실시한 후 측정하였다.

마. 수질정화

섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트를 옥상녹화에 적용하기 위하여 본 연구에서는 황토를 시멘트 중량에 20 % 정도 치환하고, 고로슬래그 미분말을 30 % 치환한 배합을 사용하여 $200 \times 100 \times 300$ mm 크기의 옥상녹화 블록을 제조하였다. 제조한 블록을 이용하여 수질정화 능력을 평가하기 위하여 인공 원수를 제

Table 6 Composition of artificial water

Ingredients	Quantity in 40 liter tap-water (g)
Glucose	9
Na_2CO_3	8.48
KCl	0.84
NH_4Cl	3
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	0.84
NaCl	1.5
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5
KH_2PO_4	0.53

Table 7 Water purification test method

Constituents	Concentration (mg/liter)	Analysis method
SS	28	SM 2540-D
BOD	48.57	SM 5210-B
COD	73.53	SM 5220-D
T-N	14.26	SM 4500-B
T-P	1.31	SM 4500-D



(a) Test set-up



(b) Water sample

Fig. 1 Water purification test set-up of fiber reinforced porous green roof hwang-toh concrete

조하여 사용하였다. Table 6은 인공원수 제조에 필요한 성분 및 함량을 나타내었다. 수질정화시험은 잔디로 식생 한 옥상녹화 블록에 인공원수를 뿌린 후 통과된 원수를 수집하여 수질정화 시험을 실시하였다. 수질정화시험은 SS (Suspended Solids), T-P (Total Phosphorus), T-N (Total Nitrogen)을 측정하였으며 측정방법은 APHA의 기준에 따라 수행하였다. 시험규정은 Table 7과 같다. Fig. 1은 수질정화시험 모습을 보여준다.

바. 옥상녹화 전·후의 온도 변화

옥상의 녹화 후 내·외부의 온도 차이를 측정하기 위하여 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 블록을 이용하여 옥상녹화를 실시하

였다. 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트 블록은 황토를 시멘트 중량에 20 % 정도 치환하고 고로슬래그 미분말을 30 % 치환한 배합을 적용하였으며, 크기는 200×100×300 mm 이다. 옥상녹화는 공주시 우성면에 위치한 농가 주택의 옥상을 선정하였다. 옥상의 면적은 약 153.5 m²이며 옥상 전체에 대하여 옥상녹화를 실시하였다. Fig. 2는 옥상녹화 과정을 보여준다. 옥상녹화 순서는 첫 번째로 옥상에 방수층 설치 및 기초 작업 (Fig. 2 (a)), 두 번째로 방근·방수층을 설치 (Fig. 2 (b)) 한 후 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화블록을 설치하였다 (Fig. 2 (c)). 옥상녹화 블록 위에 경량토를 포설 (Fig. 2 (d))한 후 잔디를 식생하였다 (Fig. 2 (e)). Fig. 2 (f)는 옥상녹화 완료 후 10개월 후의



Fig. 2 Process of green roof construction



Fig. 3 Phot of thermometer

모습을 보여준다. 옥상녹화 전·후의 주택의 실내·외 온도 및 습도 변화를 측정 위하여 자기 온도계를 옥상 및 실내에 Fig. 3 과 같이 설치하였다. 옥상녹화 전의 온도의 변화는 30일간 측정 하였으며, 옥상녹화 후의 온도변화는 365일간 측정하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. pH

본 연구에서는 황토 및 고로슬래그 미분말 치환에 따른 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 pH를 평가하였다. pH 시험 결과는 Fig. 4와 같다. 다공성 황토 콘크리트의 pH 값은 모든 배합에서 약 10 정도의 결과를 보여주고 있다. 시험결과 고로슬래그 미분말 치환 및 황토 치환율이 증가할수록 pH는 약간 감소하나 큰 영향은 아니었다. 일반적으로 시멘트를 고로슬래그 미분말 등으로 치환하면 pH는 감소하나 본 연구에서는 상대적으로 배합에 많은 양을 차지하는 굵은 골재로 고로슬래그 골재를 적용하였기 때문에 pH 값이 충분히 감소한 결과를 보여주었다. 따라서 고로슬래그 및 황토의 치환은 pH에 큰 영향을 미치지 않았다.

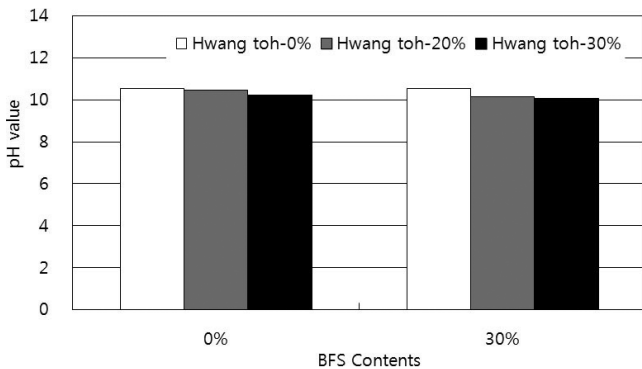


Fig. 4 pH test results of fiber reinforced porous green roof hwang-toh concrete

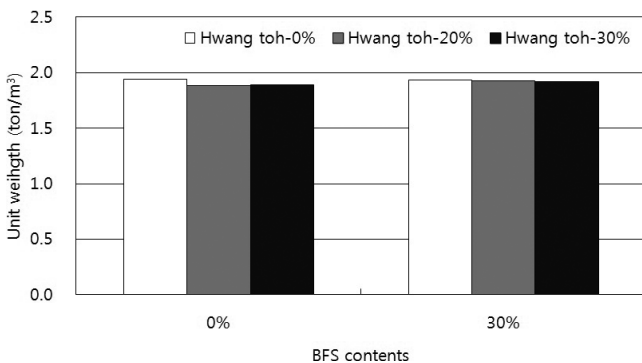


Fig. 5 Unit weight test results of fiber reinforced porous green roof hwang-toh concrete

2. 단위 중량

섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 단위중량 시험결과는 Fig. 5와 같다. 시험결과 단위중량은 모든 배합이 2.0 ton/m³ 이하로 나타났다. 고로슬래그 미분말 및 황토 치환율에 따른 단위중량에 영향은 거의 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 전체 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 전체 체적에서 고로슬래그 골재가 차지하는 체적이 크기 때문에 고로슬래그 골재 적용에 따른 단위중량의 감소가 황토 및 고로슬래그 미분말의 치환에 따른 효과보다 크기 때문이다.

3. 공극률

섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 공극률 시험결과는 Fig. 6과 같다. 공극률시험결과 공극률은 약 11~16 % 정도의 값을 나타내고 있다. 고로슬래그의 치환율에 따른 영향은 고로슬래그의 치환율이 0 %에서 30 %로 증가하면서 공극률은 증가하였다. 황토의 사용량에 따른 공극률의 변화를 보면 치환율

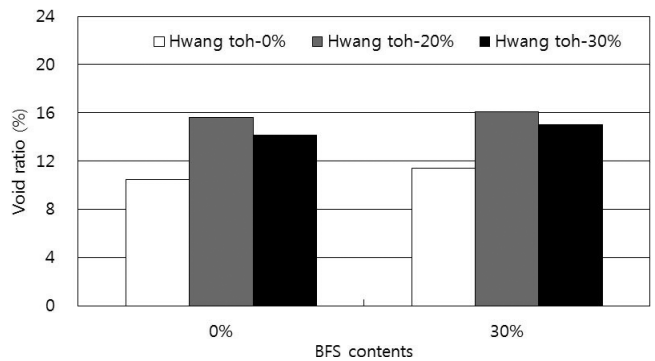


Fig. 6 Void ratio test results of fiber reinforced porous green roof hwang-toh concrete

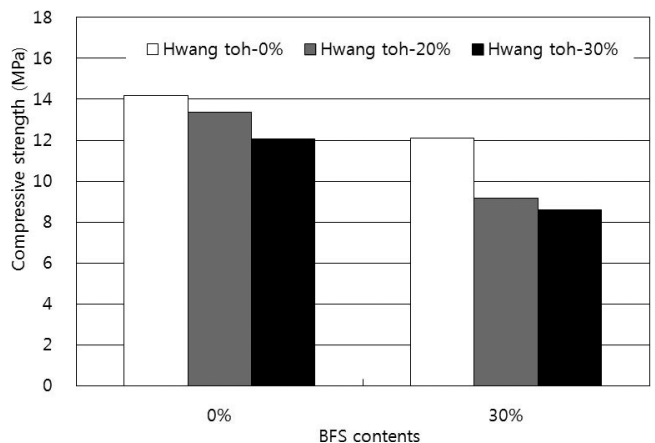


Fig. 7 Compressive strength test results of fiber reinforced porous green roof hwang-toh concrete

20 %까지는 증가하나 30 %에서는 감소하는 결과를 보여주었다. 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 공극률이 증가하는 것은 일반적으로 유동성이 증가하면 결합재가 흘러내려 공극률은 감소시키지만 본 연구에서는 친수성섬유보강재가 결합재의 흘러내림을 방지하기 때문에 공극률이 증가하였다.

4. 압축강도

섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 압축강도시험결과는 Fig. 7과 같다. 고로슬래그 치환율에 따른 압축강도시험결과를 살펴보면 치환율이 증가할수록 강도는 감소하는 경향을 보여주고 있다. 고로슬래그는 잠재수경성 재료로서 수화열의 발생을 지연시키는 효과가 있다. 따라서 재령 28일 까지는 충분한 강도발현이 되지 않기 때문이다. 황토의 치환율에 따른 압축강도시험결과를 살펴보면 황토의 치환율이 증가할수록 강도가 감소하였다. 황토는 실리카 (SiO₂)와 알루미늄 (Al₂O₃)을 주요 성분으로 이와 같은 성분이 수산화칼슘과 반응하여 포졸란 반응을 일으킨다. 따라서 수화열을 지연시키기 때문에 압축강도가 감소하였다.

5. 압축강도와 공극률과의 관계

섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 압축강도와 공극률과의 관계는 Fig. 8과 같다. 황토 치환율에 따른 압축강도 및 공극률의 관계는 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 공극률이 증가하기 때문에 압축강도는 감소하였다. 또한 고로슬래그 미분말 치환율 0 % 및 30 % 모두 황토 치환율 20 %에서는

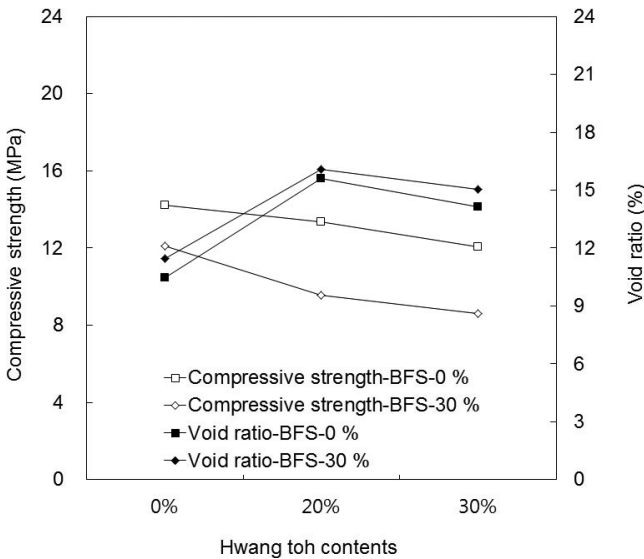


Fig. 8 Relationship between compressive strength and void ratio test results of fiber reinforced porous green roof hwang-toh concrete

공극률은 증가하고 압축강도가 감소하였다. 그러나 황토 치환율 30 %에서는 치환율 20 %와 비교하여 공극률과 강도 모두 감소하는 결과를 보여주고 있다. 따라서 친환경성과 공극률 시험결과를 고려하여 황토 치환율은 20 %와 고로슬래그 미분말 30 %를 치환하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

6. 수질정화효과

섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트에 의한 수질저감효과는 Table 8과 같다. 유입수의 농도는 SS, BOD₅, COD, T-N, T-P에서 각각 28 mg/liter, 48.57 mg/liter, 73.53 mg/liter, 14.26 mg/liter, 1.31 mg/liter 이었으며, 유출수의 농도는 각각 14.5 mg/liter, 13.92 mg/liter, 40.85 mg/liter, 2.67 mg/liter, 0.71 mg/liter인 것으로 나타났다. 처리효율은 SS가 48.21 %, BOD₅가 71.34 %, COD가 44.44 %, T-N이 81.28 %, T-P가 45.80 %인 것으로 나타나 전반적으로 40 % 이상의 높은 처리효율을 나타내었다. 유기물의 지표를 나타내는 BOD₅와 COD 중 높은 BOD₅ 효율을 나타낸 것으로 보아 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트 내 미생물에 의한 유기물 분해가 활발하게 일어난 것으로 판단된다. SS와 영양물질의 처리효율은 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트 내 부유성 물질의 필터효과와

Table 8 Water purification effect of fiber reinforced porous green roof hwang-toh concrete

Purification properties	SS (mg/liter)	BOD ₅ (mg/liter)	COD (mg/liter)	T-N (mg/liter)	T-P (mg/liter)
Original water	28	48.57	73.53	14.26	1.31
Green roof block	14.5	13.92	40.85	2.67	0.71
Removal rate (%)	48.21	71.34	44.44	81.28	45.80

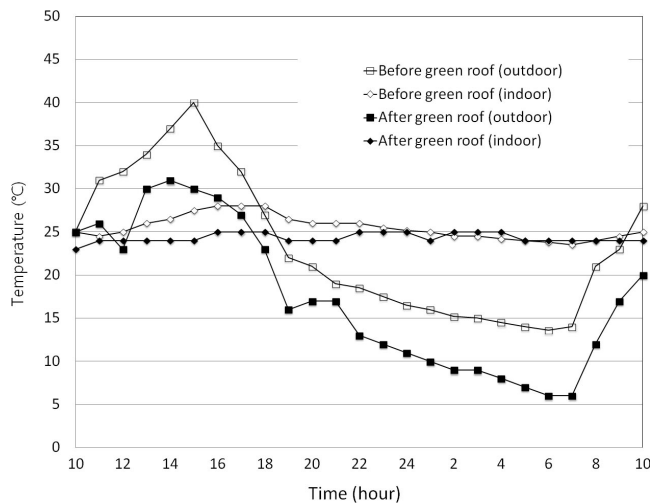


Fig. 9 Variation of temperature test results before and after green roof

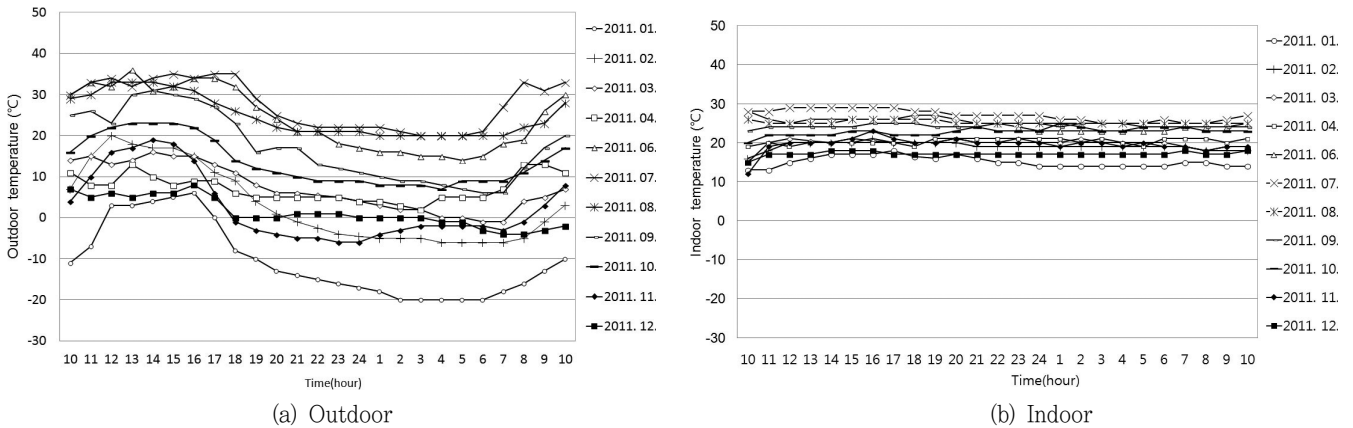


Fig. 10 Variation of temperature test results after green roof during one year

영양물질의 흡착 및 식생에 의한 흡수 등을 기대할 수 있는 것으로 판단된다. 따라서 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트로 옥상 녹화를 실시하면 초기 우수의 정화효과 있어 빗물을 재활용하는데 효과적일 것으로 판단된다.

7. 옥상녹화 전후 온도 측정

섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트를 이용한 옥상녹화 전·후의 온도변화 측정은 2010년 9월 실시하였으며 옥상녹화 후 온도변화 모니터링은 2011년도 1월부터 12월까지 1년간 측정하였다. Fig. 9는 옥상녹화 전후의 온도변화 측정결과이다. 옥상녹화 전의 내·외부의 온도는 옥상 녹화 후의 온도보다 높은 결과를 나타내고 있다. 특히 12시에서 15시까지 온도가 지속적으로 상승하여 최고온도 40 °C에 도달하는 결과를 보여주었다. 이때 실내의 온도 역시 조금씩 상승하여 18시까지 상승하고 그 후 조금씩 떨어지고 있다. 실내 온도의 변화는 옥상녹화 전에는 외부 온도가 높을 때는 같이 온도가 상승하고 외부온도가 떨어지면 내부온도도 감소하였다. 그러나 옥상녹화 후에는 외부온도가 상승하여도 실내 온도의 상승은 거의 크지 않았고, 외부온도가 떨어져도 내부온도는 일정하게 유지됨을 알 수 있다. 특히 2시에서 8시까지의 실외온도는 옥상녹화 전에 측정한 값이 높게 나타났지만 실내 온도는 옥상녹화 후의 온도가 약간 높은 것으로 나타나고 있다. 따라서 옥상녹화는 외부온도가 높을 때 상대적으로 실내의 온도를 낮게 하고, 외부온도 낮을 때 실내 온도를 떨어지지 않게 하는 단열 및 보온 효과가 있다는 것을 알 수 있다. Fig. 10은 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트로 옥상 녹화를 실시한 후 1년간 내·외부의 온도변화를 측정한 결과이다. 계절에 따라 외부의 온도는 크게 변화하나 내부의 온도는 거의 일정하게 유지되고 있음을 알 수 있다. 계절적 영향과 시간적 영향을 고려하여 외부의 경우 새벽에는 온도가 떨어지고 아침에는

온도가 상승하여 낮에는 온도가 높아지고 저녁에는 온도가 감소하기 시작하는 결과가 나타나고 있다. 또한 계절적으로도 1~2월에 온도가 낮고 6~8월에 온도가 높게 나타났다. 그러나 실내 온도는 거의 일정하다. 시간적 및 계절적 영향에 의하여 냉난방 에너지의 사용량이 다르겠지만 거의 일정한 것으로 보면 실내에서 냉난방을 위해서 사용한 에너지가 거의 외부로 배출되지 않은 것으로 판단된다. 따라서 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트를 이용한 옥상녹화는 옥상녹화로 인한 냉난방에너지 절감에 효과적인 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 고로슬래그 골재, 고로슬래그 미분말 및 황토와 PVA 섬유를 이용한 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 물리·역학적 특성을 평가하였고, 이를 옥상녹화에 적용하여 수질정화 효과 및 온도변화 특성을 평가하였다. 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 pH 시험결과 약 10~11 정도의 값을 보여주었고, 단위중량시험결과는 모든 배합에서 2.0 ton/m³ 이하로 나타났다. 그러나 고로슬래그 미분말 및 황토에 첨가에 의해서는 큰 영향을 받지 않았다.
2. 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트의 공극률 시험결과는 고로슬래그 미분말의 치환율 증가는 공극률을 증가시키는 결과를 나타냈다. 그러나 황토 치환율 20 %까지는 공극률을 증가시키지만 30 %가 되면 공극률이 감소하는 결과를 보여주었다.
3. 압축강도시험결과 고로슬래그 미분말 및 황토의 치환율이 증가할수록 압축강도는 감소하였다. 이와 같은 결과는 고로슬래그 미분말은 잠재수경성재료이고, 황토는 실리카 (SiO₂)와 알루미늄 (Al₂O₃)이 주요성분으로 이와 같은 성분이 수산화칼슘과 반응하여 포졸란 반응을 일으켜 수화반응을 지연시키기 때문이다.

4. 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화블록을 이용한 수질정화효과 시험결과 전반적으로 40 % 이상의 높은 처리효율을 나타내었다. 이와 같은 결과는 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트 내 미생물에 의한 유기물 분해가 활발하게 일어난 것으로 판단된다. 또한 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화 콘크리트는 부유성 물질의 필터효과와 영양물질의 흡착 및 식생에 의한 흡수 등을 기대할 수 있는 것으로 판단된다.

5. 섬유보강 다공성 황토 옥상녹화블록을 이용한 옥상녹화 전후의 온도변화 측정결과 옥상녹화는 외부온도에 영향을 받지 않고 내부온도를 일정하게 유지하는 효과가 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 냉난방에너지의 소비량을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 환경부 Eco-STAR project (수생태복원사업단)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Ahn, G. Y., S. W. Han., and E. H. Lee, 2011. The analysis of instantaneous uptake and evapotranspiration of herbaceous plants for artificial roof greening. *Korean Journal of Environment and Ecology* 25(1): 91-100.
2. Cho, H. H., H. J. Son., and T. H. Kang, 2012. Hot tolerance assessment of sedum for extensive green roof system. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 40(6): 180-189 (in Korean).
3. Choi, H. Y., M. H. Kim., H. Z. Hwang., and S. W. Choi, 2001. Experimental study on the properties of concrete by the kinds of admixture and the replacement ratios of activated hwang toh. *Journal of the Korea Concrete Institute* 13(2): 123-129 (in Korean).
4. Kim, H. H., S. M., Kang, J. S., Park., S. W., Park., J. H., Jeon., J. H., Lee., S. S., Cha., C. G., Park., 2010. Performance evaluation of porous hwang-toh concrete using blast furnace slag cement. *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 52(3): 9-17 (in Korean).
5. Kim, S. C., H. J. Lee., and B. J., Park, 2012, Heat budget analysis of light thin layer green roof planted with zoysia japonica. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 40(6): 190-197 (in Korean).
6. Korea Environment Institute, 2007. Impacts of green spaces on air quality (in Korean).
7. Lee, C.W., S.B., Kim, and H.S., Mun, 2011. A study on the analysis of temperature reduction effect by the types of the green roof. *Journal of the Korean Housing Association* 22(3): 25-33 (in Korean).
8. Lee, J. H., and C. G. Park, 2010. Effect of blast furnace slag, hwang-toh and reinforcing fibers on the physical and mechanical properties of porous concrete using blast furnace slag coarse aggregate. *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 52(5): 53-60 (in Korean).
9. Lee, S. T., and J. S., Kim, 2004. Temperature changes of indoor and outdoor by grass planting block in planting of roof area. *Korean Journal of Environmental Restoration Technology* 7(6): 54-60 (in Korean).
10. Seoul Metropolitan Government, 2007. Manual of management and construction green roof system (in Korean).
11. Sung, C. Y., and Y. I., Kim, 2002. Experimental study on pH reduction by neutralization treatment and curing methods of porous concrete for planting. *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 44(2): 99-106 (in Korean).
12. Sung, C. Y., and Y. I. Kim, 2003. Experimental study on development of plantable concrete block using rice straw ash and application for inclined plane. *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 45(3): 107-114 (in Korean).
13. Yang, B. E., 2004. Green roof technology of Korea. *Korean Journal of Environmental Restoration Technology* 7(4): 1-7 (in Korean).
14. Youn, J. N., C. Y. Sung., and Y. I. Kim, 2009. Physical and mechanical properties of porous concrete using waste activated carbon. *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 51(2): 21-27 (in Korean).