

## 벼짚재를 활용한 에코 콘크리트의 물리·역학적 특성에 관한 실험적 연구

### Experimental Study on Physical and Mechanical Properties of Eco-concrete using Rice Straw Ash

성 찬 용\* · 김 영 익\*\*

Sung, Chan Yong · Kim, Young Ik

#### Abstract

This study is performed to examine the physical and mechanical properties of Eco-concrete using rice straw ash for planting. The tests for void ratio, compressive and bending strength with neutralization treatment point, curing condition and coarse aggregate size are performed. The test result shows that the void ratio is decreased with increasing content of rice straw ash. But, the compressive and bending strength are increased with increasing content of rice straw ash. The greatest strength is appeared when neutralization is treated in curing age of 6 days. These Eco-concrete is very useful for planting.

*Keywords : Eco-concrete, Neutralization, Planting, Void ratio, Strength*

#### I. 서 론

환경문제가 사회적으로 대두되면서 환경보존에 대한 인식이 크게 확산됨에 따라 오랜 세월 동안 토목, 건축공사의 가장 대표적인 재료로 사용되어 오면서도 비환경적인 재료로 인식되어 온 시멘트콘크리트에 대해 환경친화적인 건설재료로 전환시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>5),6)</sup>

현재 연구되고 있는 환경친화적인 콘크리트에는 재자원화를 포함하여 라이프 사이클을 통한 자원의 사용량 및 자원의 채취, 정제, 가공 및 사용시에 필요한 에너지량 및 지구환경에 작용하는 부하가 적게 하기 위하여 산업부산물 및 폐기물을 콘크리트용 혼화재료로 활용한 환경부하저감형 콘크리트와 다공성 콘크리트를 제조하여 수생생물에 다량의 부착면과 서식 공간을 주거나, 초목식물의 뿌리가 연속공극을 통하여 정착과 성장이 가능하도록 보수성 충전재를 사용하여 수분과 영양분을 공급하고, 콘크리트의 상부에 객토를 실시하여 씨앗이 발아할 수 있도록 한 식생 콘크리트 등의 생물대응형 콘크리트가 연구되고 있다.<sup>1),2)</sup>

\* 충남대학교 농업생명과학대학  
\*\* 충남대학교 대학원  
\* Corresponding author. Tel.: +82-42-821-5798  
fax: +82-42-823-8050  
E-mail address: cysung@cnu.ac.kr

한편, 일본의 경우 식생 콘크리트를 사면보호 및 하천 제방 등에 활용하기 위하여 활발한 연구가 진행되고 있으나 국내의 경우에는 이에 대한 연구가 미흡한 실정이다.<sup>3,4)</sup>

특히 산업부산물과 폐기물을 활용한 에코콘크리트에 대한 연구와 식생을 위한 pH 저감 방안 등에 대한 연구가 미흡하여 이에 본인은 폐기물인 폐석과 석분을 사용한 식생콘크리트를 개발하였으며, 식생을 위한 pH 저감 방안을 연구하여 중성화 처리시점에 따른 pH 특성을 구명한 바 있다.<sup>7)</sup>

따라서, 본 연구는 농업부산물인 벗짚재를 혼화재료로 활용하여 만든 다공성 콘크리트를 이용하여 식물의 생육이 가능한 환경친화형 에코콘크리트(Eco-concrete: Environment conscious concrete)를 개발하기 위한 것으로, 벗짚재의 혼입률, 골재 크기, 중성화 처리 시점(중성화 무처리, 재령 6, 13, 20, 27일 중성화 처리) 및 양생방법(수중, 기건)에 따른 공극률과 강도 특성을 구명하는데 그 목적이 있다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 사용재료

#### 가. 시멘트

시멘트는 KS F 5201에 규정된 국내 S사 제품의 보통 포틀랜드 시멘트이며, 이의 물리적 성질 및 화학성분은 Table 1과 같다.

#### 나. 골재

굵은골재는 금강유역에서 채취한 천연골재를 사

용하였으며, 그 물리적 성질은 Table 2와 같다.

Table 2 Physical properties of aggregate

Item	Size (mm)	Specific gravity (20°C)	Absorption ratio (%)	Fineness modulus	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )
Coarse aggregate	5~10	2.64	2.62	6.64	1,449
	10~20	2.64	2.62	7.28	1,449

#### 다. 벗짚재

벗짚재는 농업부산물의 활용측면과 시멘트의 부분적 대체로써 강도증진을 목적으로 벗짚을 태워 분쇄기로 미세한 입자를 만든 후 사용하였으며, 이의 물리적 성질과 화학성분은 Table 3 및 4와 같다.

Table 3 Physical properties of rice straw ash

Specific gravity (20°C)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	Specific area (cm <sup>2</sup> /g)	Grain size (μm)		
			90 % pass	50% pass	10% pass
2.25	0.252	3,888	86.6	16.4	0.8

Table 4 Chemical composition of rice straw ash

(Unit : %)

SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	Ig.loss
54.8	5.95	1.06	1.82	1.92	21.9	8.21	0.6	2.5

#### 라. 고성능 감수제

감수제의 분자가 결합재 입자의 표면에 흡착하여 주로 콜로이드 입자의 계면전기 이중층에 의한 정전기적반응력(제타전위)의 안정화로 분산성을 높여 유동성을 증진시키기 위하여 음이온 계면활성제인 나프탈렌 설폰산염을 주성분으로 하는 고성능 감수

Table 1 Physical properties and chemical composition of cement (Unit : %)

Specific gravity (20°C)	Specific area (cm <sup>2</sup> /g)	Setting time (hrs-min)		Chemical composition							
		Initial	Final	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
3.15	3,200	5-7	7-20	21.09	4.84	63.85	3.32	3.09	1.13	0.29	2.39

제를 사용하였다.

마. 이인산암모니움

중성화 처리제는 이인산암모니움[(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 순도 99.1%, pH 8.14]을 사용하였으며, 중성인 이인산암모니움이 골재를 피복한 시멘트 페이스트의 표면에 불용태의 막을 형성하여 알카리의 용출을 억제하여 pH의 감소를 나타낸다.

2 공시체 제작

가. 콘크리트 배합

식생을 위한 에코 콘크리트의 배합은 다양한 식물의 생육이 가능할 수 있도록 충분한 뿌리를 내릴 수 있는 공극을 확보하고, 사면보호 기능을 수행할 수 있는 강도를 나타낼 수 있도록 배합비를 결정하였으며, 또한 골재 크기에 따른 공극률과 강도와의 관계, 농업부산물인 벚짚재의 혼입률에 따른 공극률, 강도 등의 특성을 구명할 수 있는 일련의 배합을 실시하였다.

다양한 크기의 공극과 공극률을 확보하기 위하여

Table 5 Mix design of ECO-concrete for planting (Unit : kg/m<sup>3</sup>)

Mix type	Gravel size (mm)	Cement	Natural gravel	Rice straw ash	Super plasticizer	W/(C+R)*
EC 1	5~10	214	1500	0	2.1	53.6
EC 2		210	1500	4.2	2.1	56.5
EC 3		206	1500	8.2	2.1	57.9
EC 4		201	1500	12.1	2.0	59.3
EC 5		197	1500	15.7	2.0	62.4
EC 6	10~20	214	1500	0	2.1	49.7
EC 7		210	1500	4.2	2.1	53.2
EC 8		206	1500	8.2	2.1	56.5
EC 9		201	1500	12.1	2.0	57.7
EC 10		197	1500	15.7	2.0	61.4

\*C : Cement, R : Rice straw ash

골재 크기의 범위를 5~10 mm, 10~20 mm의 두 종류로 하였으며, 부산물의 활용에 의한 강도 증진을 위해 벚짚재를 시멘트 중량의 0, 2, 4, 6, 8% 사용하였다.

또한, 콘크리트의 강도증진과 유동성 확보를 위하여 고성능 감수제를 결합재 중량의 1% 사용하였으며, 이의 배합설계는 Table 5와 같다.

나. 공시체 제작 및 양생

식생을 위한 에코 콘크리트의 제작은 KS F 2405 (콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 믹서에 굵은골재를 넣고 시멘트와 벚짚재를 투입하여 견비빔을 30초간 실시한 후 물과 고성능 감수제를 혼합 투입하여 1분간 혼합하였고, 몰드에 타설하면서 30초간 진동을 주어 충분한 다짐을 하였으며, 몰드에 타설된 콘크리트는 양생상자 (21℃, 습도 96±2%)에서 24시간 정치 후 탈형하여 소정의 재령까지 수중양생(21℃) 및 기건양생을 하였다.

다. 중성화 처리

식생을 위한 에코 콘크리트의 알카리 용출을 억제하기 위하여 이인산암모니움 10% 용액에 표면 건조포화상태의 공시체를 10분간 침지하여 중성화 처리를 하였고, 중성화 처리 시점과 양생 방법에 따른 강도 특성을 알아보기 위하여 중성화 처리 시점을 재령 1일, 재령 6일, 재령 13일, 재령 20일 등의 4가지로 하였다.

3. 시험방법

가. 공극률시험

공극률시험은  $\phi 75 \times 150$  mm인 시험체를 일본콘크리트공학협회 에코콘크리트 연구위원회의 포러스 콘크리트의 공극률 시험방법(안) 중 용적법에 준하여 재령 28일에 다음 식으로 산출하였다.

$$P_0 = \left\{ 1 - \frac{W_2 - W_1}{V} \right\} \times 100$$

여기서,  $P_0$  = 콘크리트의 공극률(%)  
 $W_1$  = 공시체의 수중중량(g)  
 $W_2$  = 24시간 방치 후 기건중량(g)  
 $V$  = 시험체의 용적 ( $cm^3$ )

### III. 결과 및 고찰

식생을 위한 에코 콘크리트의 골재크기 및 양생 방법과 중성화 처리 시점에 따른 공극률과 강도에 대한 시험결과는 Table 6과 같다.

#### 나. 강도시험

압축강도시험은  $\phi 150 \times 300$  mm, 휨강도시험은  $6 \times 6 \times 24$  cm의 시험체를 제작하여 KS F 2405 (콘크리트의 압축강도 시험방법)와 KS F 2408 (콘크리트의 휨강도 시험방법)에 준하여 재령 28 일에 측정하였다.

#### 1. 공극률

식생을 위한 에코 콘크리트의 가장 중요한 변수로 작용하는 것은 식물의 뿌리가 원지반에 빠르게 정착할 수 있도록 연속된 공극을 형성하는 것이다. 식생을 위한 공극은 식물이 어느 위치에서든지 뿌

Table 6 Test results of Eco-concrete for planting

Type	Curing	Void ratio (%)	Time of neutralization treatment (days)									
			Compressive strength(kgf/cm <sup>2</sup> )					Bending strength(kgf/cm <sup>2</sup> )				
			Untreat-ment	1	6	13	20	Untreat-ment	1	6	13	20
EC 1	Water	37.9	55.7	67.8	69.9	67.3	61.4	15.5	15.8	16.5	16.3	16.0
	Dry		52.9	57.2	62.6	58.3	53.2	15.4	15.5	16.3	16.2	16.0
EC 2	Water	35.4	61.9	68.9	71.4	70.3	69.8	17.4	18.3	18.6	18.0	18.0
	Dry		58.7	59.9	68.0	67.3	66.7	17.0	18.0	18.0	18.0	17.8
EC 3	Water	34.5	73.5	76.3	80.0	75.2	74.2	20.4	21.1	21.5	21.3	21.0
	Dry		67.7	73.0	76.6	71.9	68.3	18.6	20.2	20.8	20.7	20.3
EC 4	Water	32.7	92.2	93.0	95.9	95.6	93.6	20.9	22.1	22.4	22.4	22.2
	Dry		90.1	91.5	93.3	92.0	90.4	19.6	20.4	21.5	20.9	20.3
EC 5	Water	31.0	91.8	92.5	93.0	92.3	92.1	20.7	21.3	21.9	21.9	20.8
	Dry		83.2	89.1	92.4	91.5	87.8	18.9	19.8	21.3	20.9	20.3
EC 6	Water	39.9	54.8	56.7	62.5	57.5	56.1	13.0	13.8	13.9	13.5	13.4
	Dry		46.4	52.3	59.3	53.7	49.5	12.8	13.1	13.5	13.5	13.2
EC 7	Water	38.7	60.5	63.1	66.7	65.5	61.7	16.3	16.6	16.8	16.4	16.2
	Dry		54.5	56.2	62.8	59.8	58.2	15.9	16.1	16.3	16.2	16.1
EC 8	Water	37.0	67.4	71.8	72.4	72.3	70.3	18.1	19.1	19.4	18.9	18.8
	Dry		67.1	69.6	71.3	69.9	68.5	17.8	18.1	19.1	18.6	18.4
EC 9	Water	36.2	91.4	92.0	95.1	94.8	94.3	19.8	20.2	21.1	21.0	20.9
	Dry		87.0	91.0	92.1	89.6	88.5	19.1	19.9	20.5	20.2	20.2
EC 10	Water	35.1	82.6	90.5	92.5	90.2	87.2	18.7	18.4	19.8	19.5	19.2
	Dry		80.1	89.8	90.2	86.6	82.3	18.1	18.2	19.1	18.4	18.6

리를 내릴 수 있도록 다양하게 분포되어야 하며, 뿌리가 일직선상으로 자리잡을 수 있도록 연속적으로 형성되는 것이 중요하고, 식물의 종류에 따라 적당한 공극의 크기와 공극률을 가질 수 있도록 하여야 한다.

또한, 식생을 위한 에코 콘크리트의 공극 크기와 공극률은 콘크리트의 강도에 가장 큰 영향을 미치는 중요한 변수로 작용하기 때문에 사용되어질 환경에 적합한 공극률을 확보할 수 있도록 하는 것이 무엇보다도 중요하다.

가. 골재 크기 : 5~10mm

공극률 시험결과 Table 6과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 벚짚재를 혼입한 에코 콘크리트의 공극률은 31.0 ~ 35.4%로써 목표공극률에 상응하는 값을 나타내었으며, 벚짚재의 혼입률이 증가할수록 공극률이 감소하는 경향을 나타내었다.

벚짚재를 혼입하지 않은 에코 콘크리트의 공극률 37.9%에 비해 벚짚재의 혼입에 따라 6.6 ~ 18.2%의 공극률 감소를 나타내었는데 이것은 분말도가 시멘트에 비해 높은 벚짚재가 시멘트 페이스트를 형성하는 과정에서 점성을 증가시켜 골재의 피복 두께를 증가시켰기 때문으로 생각된다.

나. 골재 크기 : 10~20mm

공극률 시험결과 Table 6과 Fig. 2에서 보는바와 같이 벚짚재를 혼입한 에코 콘크리트의 공극률이 35.1 ~ 38.7%로서 목표 공극률을 상회하는 값을 나타내었으며, 골재크기 5~10 mm 에서와 마찬가지로 벚짚재의 혼입률이 증가할수록 공극률이 감소하는 경향을 나타내었다.

한편, 골재 크기 5~10 mm의 에코 콘크리트에 비해 공극률이 3.3 ~ 4.1% 증가되었는데, 이것은 사용된 골재의 크기가 전체적으로 2배 정도 증가된 것에 기인한 것으로 생각된다.

또한, 벚짚재를 혼입하지 않은 에코 콘크리트의 공극률 39.9%에 비해 벚짚재 혼입에 따라 1.2 ~

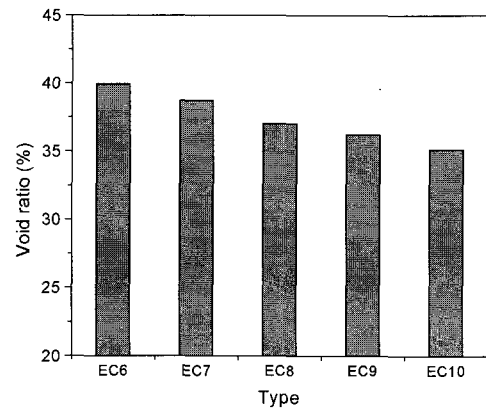


Fig. 1 Void ratio (Aggregate size : 5~10 mm)

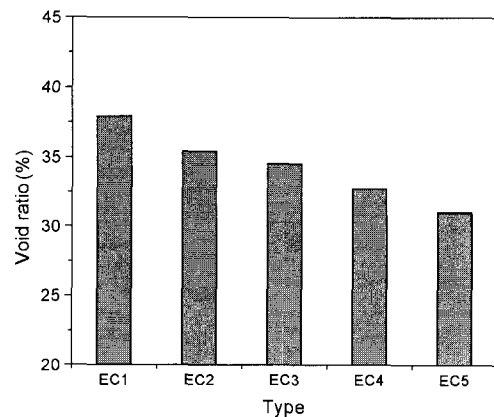


Fig. 2 Void ratio (Aggregate size : 10~20 mm)

4.8%의 공극률 감소를 나타내었다.

2. 압축강도

식생을 위한 에코 콘크리트의 압축강도는 공극의 크기 뿐만 아니라 공극률과 밀접한 관계가 있으며, 동일한 공극률인 경우 공극의 크기가 작을수록, 공극의 크기가 동일한 경우 공극률이 적을수록 강도 면에서 유리할 것으로 판단된다.

또한, 공극의 크기와 공극률은 골재의 크기 및 입도 분포와 밀접한 관계가 있어 골재의 크기가 작을수록 공극의 크기는 작고, 골재의 입도분포가 양

호흡수용 공극률이 적어져서 결국은 압축강도가 클 것으로 생각된다.

한편, 보통 시멘트 콘크리트가 시멘트 페이스트와 굵은골재 및 잔골재간의 일체로 인하여 강도 발현을 하는 반면에, 식생을 위한 에코 콘크리트는 골재의 주위를 시멘트 페이스트가 피복하여 굵은골재와 굵은골재와의 맞물림에 의하여 강도 발현을 하기 때문에 골재를 피복하는 시멘트 페이스트의 피복과 맞물림 정도가 압축강도 발현에 큰 영향을 미칠 것으로 생각된다.

#### 가. 골재 크기 : 5~10 mm

식생을 위한 에코 콘크리트의 골재의 크기는 공극의 크기와 공극률을 좌우하기 때문에 식생하고자 하는 식물을 결정하는데 중요한 요소가 되고, 골재의 크기가 작고 공극이 작은 5~10 mm의 경우 식물의 뿌리가 가늘고 많은 경우에 적합할 것으로 생각된다.

Table 6에서 보는 바와 같이 수중양생의 경우, 벚짚재를 혼입하지 않은 에코 콘크리트의 압축강도는 55.7 ~ 69.9 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타났고, 벚짚재를 혼입한 에코 콘크리트의 경우 61.9 ~ 95.9 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타났으며, 벚짚재의 혼입량에 따라 약 11.1 ~ 13.7% 정도의 강도 증진을 나타냈고, 벚짚재를 6% 혼입한 에코 콘크리트에서 압축강도가 가장 크게 나타났다.

기건양생의 경우, 벚짚재를 혼입하지 않은 에코 콘크리트의 압축강도는 52.9 ~ 62.6 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타났고, 벚짚재를 혼입한 에코 콘크리트의 경우 58.7 ~ 93.3 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타나 벚짚재의 혼입에 의해 약 10.9 ~ 49.0% 정도의 강도 증진을 나타냈으며, 수중양생의 경우와 마찬가지로 벚짚재를 6% 혼입한 에코 콘크리트에서 압축강도가 가장 크게 나타났다.

이것은 벚짚재의 화학 성분이 주로 SiO<sub>2</sub>와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로써 시멘트의 수화반응 초기에 많은 양의 수산화 칼슘을 생성해 에트링자이트를 형성하고 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

의 영향으로 재령 28일 이전에 강도 발현이 크게 나타났으며, 분말도가 높은 미세립의 벚짚재가 시멘트 페이스트의 형성과정에서 점성을 증가시켜 골재의 피복두께 증가로 인한 골재와 골재의 부착성을 증가시켰기 때문인 것으로 생각된다.

또한, Table 6 및 Fig. 3, 4, 5, 6, 7에서 보는 바와 같이 중성화 처리 시점에서 살펴보면 모든 배합에서 중성화 처리를 하지 않은 경우에 비하여 중성화 처리를 한 경우의 압축강도가 크게 나타났으며, 재령 6일에 중성화 처리를 한 경우의 압축강도가 가장 크게 나타났다.

#### 나. 골재크기 : 10~20 mm

사용되는 골재의 크기가 크기 때문에 동일 공극률에 대해 공극이 크게 형성되는 10~20 mm의 에코 콘크리트는 식물의 뿌리와 줄기가 굵은 경우에 적합할 것으로 생각된다.

Table 6에서 보는 바와 같이 수중양생의 경우, 벚짚재를 혼입하지 않은 에코 콘크리트의 압축강도는 54.8 ~ 62.5 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타났고, 벚짚재를 혼입한 에코 콘크리트의 경우 60.5 ~ 94.3 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타나 벚짚재의 혼입에 의해 약 11.0 ~ 50.9% 정도의 강도 증진을 나타냈으며, 골재 5~10 mm를 사용한 에코 콘크리트에서와 마찬가지로 벚짚재를 6% 혼입한 에코 콘크리트에서 압축강도가 가장 크게 나타났다.

기건양생의 경우, 벚짚재를 혼입하지 않은 에코 콘크리트의 압축강도는 46.4 ~ 59.3 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타났고, 벚짚재를 혼입한 에코 콘크리트의 경우 54.5 ~ 92.1 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타나 벚짚재의 혼입에 의해 약 17.5 ~ 55.3% 정도의 강도 증진을 나타냈으며, 수중양생의 경우와 마찬가지로 벚짚재를 6% 혼입한 에코 콘크리트에서 압축강도가 가장 크게 나타났다.

또한, Table 6 및 Fig. 3, 4, 5, 6, 7에서 보는 바와 같이 중성화 처리 시점에서 살펴보면 재령 6일 중성화처리, 재령 13일 중성화처리, 재령 20일

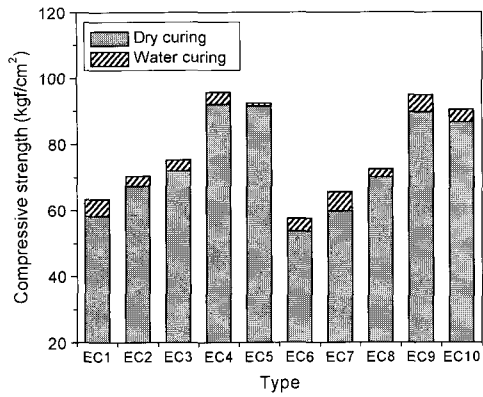


Fig. 3 Compressive strength (untreatment)

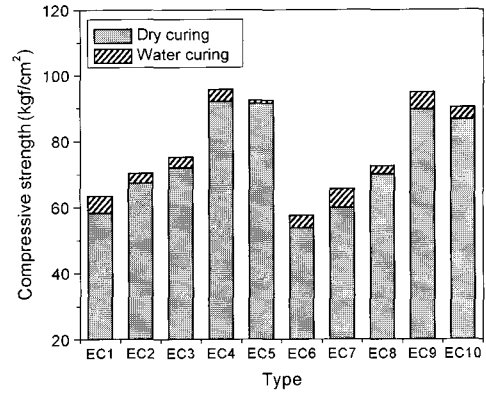


Fig. 6 Compressive strength (time of treatment : 13 days)

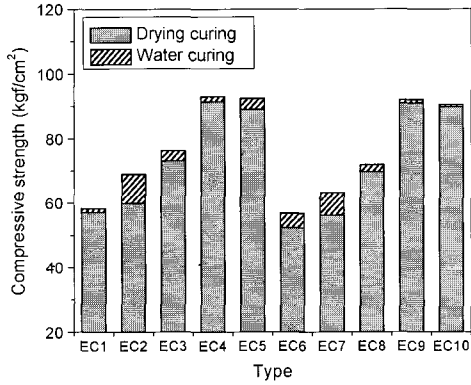


Fig. 4 Compressive strength (time of treatment : 1 day)

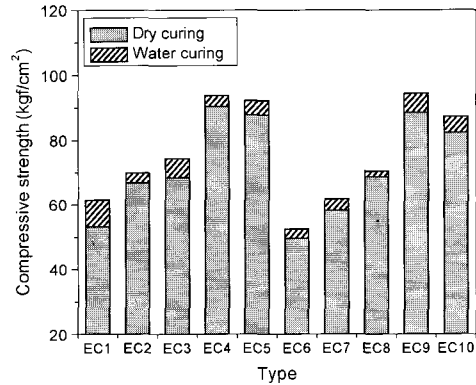


Fig. 7 Compressive strength (time of treatment : 20 days)

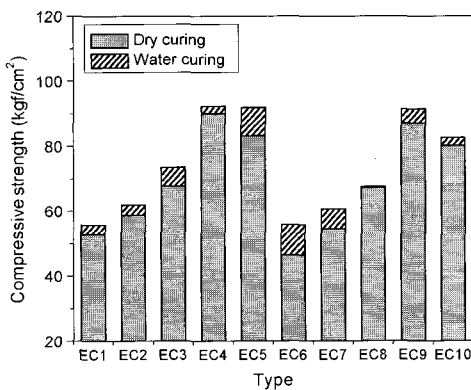


Fig. 5 Compressive strength (time of treatment : 6 days)

중성화 처리, 재령 1일 중성화처리, 중성화 무처리 순으로 압축강도가 크게 나타나 모든 배합에서 골재 5~10 mm를 사용한 에코 콘크리트에서와 마찬가지로 중성화 처리를 하지 않은 경우에 비하여 중성화 처리를 한 경우의 압축강도가 크게 나타났다.

### 3. 힘강도

가. 골재 크기 : 5~10 mm

Table 6에서 보는 바와 같이 수중양생의 경우, 벚지재를 혼입하지 않은 에코 콘크리트의 힘강도는 15.5 ~ 16.5 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타났고, 벚지재를 혼

입한 에코 콘크리트의 경우 17.4 ~ 22.4 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타나 벗짚재의 혼입량에 따라 약 12.3 ~ 35.8% 정도의 강도 증진을 나타냈으며, 벗짚재를 6% 혼입한 에코 콘크리트에서 휨강도가 가장 크게 나타났다.

기건양생의 경우, 벗짚재를 혼입하지 않은 에코 콘크리트의 휨강도는 15.4 ~ 16.3 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타났다, 벗짚재를 혼입한 에코 콘크리트의 경우 17.0 ~ 21.5 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타나 벗짚재의 혼입량에 따라 약 10.4 ~ 31.9% 정도의 강도 증진을 나타냈으며, 수중양생의 경우와 마찬가지로 벗짚재를 6% 혼입한 에코 콘크리트에서 휨강도가 가장 크게 나타났다.

한편, 중성화 처리 시점에서 보면 Table 6에서 보는 바와 같이 압축 강도에서와 마찬가지로 모든 배합에서 중성화 처리를 하지 않은 경우에 비하여 중성화 처리를 한 경우의 휨강도가 크게 나타났으며, 재령 6일에 중성화 처리를 한 경우의 휨강도가 가장 크게 나타났다.

#### 나. 골재크기 : 10~20 mm

Table 6에서 보는 바와 같이 수중양생의 경우, 벗짚재를 혼입하지 않은 에코 콘크리트의 휨강도는 13.0 ~ 13.9 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타났고, 벗짚재를 혼입한 다공성 콘크리트의 경우 16.2 ~ 21.1 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타나 벗짚재의 혼입량에 따라 약 24.6 ~ 51.8% 정도의 강도 증진을 나타냈으며, 벗짚재를 6% 혼입한 에코 콘크리트에서 휨강도가 가장 크게 나타났다.

기건양생의 경우, 벗짚재를 혼입하지 않은 에코 콘크리트의 휨강도는 12.8 ~ 13.5 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타났고, 벗짚재를 혼입한 에코 콘크리트의 경우 15.9 ~ 19.9 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타나 벗짚재의 혼입에 의해 약 24.2 ~ 47.4% 정도의 강도 증진을 나타냈으며, 수중양생의 경우와 마찬가지로 벗짚재를 6% 혼입한 에코 콘크리트에서 휨강도가 가장 크게 나타났다.

또한, 골재 크기 5~10 mm에서와 마찬가지로 중성화 처리를 하지 않은 경우에 비하여 중성화 처리를 한 경우의 휨강도가 크게 나타났다.

## IV. 결 론

이 연구는 농업부산물인 벗짚재의 혼입량을 달리 한 식생을 위한 에코 콘크리트를 개발하여, 골재의 크기에 따른 공극률과 양생방법 및 중성화 처리 시점에 따른 강도 특성을 구명한 것으로서, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 공극률은 골재크기 5~10 mm와 10~20 mm를 사용한 경우 모두 30% 이상으로 나타났으며, 벗짚재의 혼입량이 증가할수록 공극률은 감소하는 경향을 나타내었다.

최대공극률은 골재크기 5~10 mm와 10~20 mm에서 각각 약 35%와 39% 정도로 나타나 골재의 크기에 의해 크게 좌우되는 것으로 나타났다.

2. 압축강도는 골재크기 5~10 mm와 10~20 mm를 사용한 경우, 수중 및 기건양생 모두 벗짚재의 혼입량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었고, 벗짚재의 혼입율이 6%일 때 강도발현이 가장 우수한 것으로 나타났으며, 최대압축강도는 골재 5~10 mm를 사용한 수중양생에서 약 95 kgf/cm<sup>2</sup> 정도로 나타났다.

3. 휨강도는 골재크기 5~10 mm 와 10~20 mm를 사용한 경우, 수중 및 기건양생 모두 벗짚재의 혼입량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었고, 벗짚재의 혼입율이 6%일 때 강도발현이 가장 우수한 것으로 나타났으며, 최대휨강도는 골재 5~10 mm를 사용한 수중양생에서 약 22 kgf/cm<sup>2</sup> 정도로 나타났다.

4. 중성화 처리 시점에 따른 압축강도 및 휨강도는 모든 배합에서 재령 6일에 중성화 처리를 한 경우 가장 크게 나타났으며, 중성화 처리 시점에 관계없이 중성화 처리를 하지 않은 경우보다 강도가 우수한 것으로 나타났다.



5. 식생을 위한 에코 콘크리트는 생육하고자 하는 식물 및 적용 환경에 적절한 공극률과 강도를 확보할 수 있도록 골재의 크기와 입도 및 양생방법과 중성화 처리 시점을 선정하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

본 논문은 2002년도 농림기술개발사업에 의하여 수행된 연구결과의 일부임

### References

1. Bilodeau, A., Sivasundaram, V., Painter, K. E. and Malhotra, V. M., 1994, Durability of concrete incorporating high volumes of fly ash from sources in the U. S. *ACI Materials Journal* 91(1) : 3-12.
2. Brandt, A. M. 1995, Cement-based Composites : Materials, Mechanical Properties and Performance. Lonon : *E & FN Spon*.
3. Carette, G., Bilodeau, A., Chevrier, R. L. and Malhotra, V. M., 1993, Mechanical properties of concrete incorporating high volumes of fly ash from sources in the U. S., *ACI Materials Journal* 90(6) : 535-544.
4. Choi, L. and J. C. Kim. 1998. ECO-concrete. *Magazine of the Korea Concrete Institute* 10(6) : 11-21. (in Korean)
5. Sung, C. Y. and Kim, Y. I. 1998. Physical and mechanical properties of rice straw ash concrete. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 40(4) : 103-108. (in Korean)
6. Sung, C. Y. and Kim, Y. I. 1999. Experimental study on freezing and thawing resistance of rice straw ash concrete. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineer* 41(3) : 66-72. (in Korean)
7. Sung, C. Y. and Youn, J. N. 2002. Characteristics of plantable concrete using waste stone and stone dust. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineer* 44(3) : 85-91. (in Korean)