

# 산업부산물을 이용한 식생용 포러스콘크리트의 물성평가에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Evaluation of Physical Properties of Planting Porous Concrete using Industrial By-products.

박 승 범\*      이 택 우\*\*      권 혁 준\*\*      이 봉 춘\*\*      이 준\*\*\*  
Park, Seung Bum      Lee, Taek Woo      Kwon, Hyuk Joon      Lee, Bong Chun      Lee, Jun

---

### ABSTRACT

As the notion of environment protection changes throughout the world, construction engineers, as part of the effort to resolve environmental problems, have been actively doing research on environmental friendly porous concrete using large and non-uniform aggregate. Concrete having a great deal of continuous porosity enable water and air to pass freely through firmly hardened material, allowing necessary nutrients to reach roots of vegetation, thereby sustaining them. It is possible to prevent the exhaustion of natural resources by recycling waste concrete and industrial by-products, to reduce damage caused by the destruction of nature through effective management of natural resources, to preserve the natural environment and vegetation in urban areas by activating the soil, protecting the underground ecology system, and growing garden plants through the application of environmentally friendly concrete.

---

### 1. 서 론

시멘트 콘크리트는 다양한 대형의 공공 건물, 교량, 도로, 구조물의 주된 건설재료로서 사용되어져 왔으며, 사회 기본시설의 확대뿐만 아니라 많은 수준의 문화 경제발전에 기여해 왔다. 그러한 산업의 발달과 더불어 환경 친화적인 측면에 있어서는 소홀하여 왔으며, 환경친화적인 콘크리트의 특성중 다공성의 포러스콘크리트를 이용하여 식물생육이 가능하며 동시에 환경친화적인 녹화 특성을 갖도록 본 연구에서는 건설현장에서 발생되고 있는 폐콘크리트 재생골재와 산업부산물로 그 유효이용이 기대되고 있는 플라이애시, 실리카흄 및 보수성 충전재를 사용하여 알칼리 용출량의 상대적인 저감효과를 이용하여 식물의 생육에 유리한 조건을 제공할 수 있는 식생용 포러스콘크리트의 물성평가에 관한 실험적 연구를 수행하였다.

### 2. 사용재료 및 시험방법

---

- \* 정회원, 충남대학교 토목공학과 교수
- \*\* 정회원, 충남대학교 토목공학과 박사과정
- \*\*\* 정회원, 충남대학교 토목공학과 석사과정

2.1. 사용재료

2.1.1 시멘트

본 실험에 사용된 시멘트는 국내 D사 제품의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 그 화학적 조성 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1 보통 포틀랜드 시멘트의 화학적 성분 및 물리적 성질

화학적 성분(%)									
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Ig.loss	Total
21.24	5.97	3.34	62.72	2.36	0.13	0.81	1.97	1.46	100
물리적 성질									
비중	비표면적 (cm <sup>2</sup> /g)	44 μm on Residue (%)	안정도	응결시간(분)		압축강도(kgf/cm <sup>2</sup> )			
				초결	종결	3일	7일	28일	
3.14	3200	12.5	0.02	240	370	221	298	389	

2.1.2 재생 굵은 골재

본 연구에 사용된 재생 굵은 골재는 충남 공주 H사에서 제조된 폐콘크리트 재생골재를 사용하였으며 물리적 성질 표 2와 같다.

표 2 재생골재의 물리적 성질

종 류	단위용적중량	비 중	실적율 (%)	공극율 (%)
10~20mm	1,336kg/ℓ	2.34	57.1	42.9
20~30mm	1,267kg/ℓ	2.32	54.6	45.4

2.1.3 플라이애시

본 연구에 사용된 플라이애시는 보령 화력발전소에서 부산된 유연탄 플라이애시로 비중 2.1, Blain 지수는 3,124cm<sup>2</sup>/g의 것을 사용하였다.

2.1.4 실리카흙

본 연구에 사용된 실리카흙은 호주 Micro Silica Co. 제품의 초미분말의 제품을 사용하였으며, 화학적 조성 및 물리적 특성은 표 3과 같다.

표 3 실리카흙의 화학적 · 물리적 성질

화학적 성분(%)					물리적 특성		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Ig. loss	Specitic Gravity	Blain's (cm <sup>2</sup> /g)	Particle Size(Aver.)
92.5	1.68	2.51	0.56	0.31	2.21	263,000	1.36 μ

2.1.5 혼화제

시멘트의 분산작용에 의해 콘크리트의 성질을 개선시키는 감수제로서, 일본 K사 제품의 나프탈렌 설폰산염 고축합물계 Mighty-150으로 비중은 1.20, pH가 7~9이며 고형물 함량이 41~45%의 것을 사

용하였다.

## 2.2 배합 및 시험방법

### 2.2.1 산업부산물을 이용한 식생용 포러스콘크리트의 배합

산업부산물 및 재생골재를 이용한 식생용 포러스콘크리트의 배합은 표 2에 나타낸 2종류의 재생골재를 사용하여 물/시멘트비 30%에서 페이스트골재비를 20%, 30%, 40%로 하였을 때 식생용 포러스콘크리트의 특성에 가장 적합한 페이스트골재비를 산정하여 산업부산물인 플라이애시는 사용시멘트량의 중량비로 5%, 10%, 15%를 적용하였으며, 실리카흄은 10%, 15%, 20%를 사용하여 실험을 진행하였다. 이때의 페이스트골재비는 30%로 고정하였다.

### 2.2.2 산업부산물을 이용한 식생용 콘크리트의 시험방법

산업부산물을 이용한 식생용 투수콘크리트의 공극률시험은 원주형 공시체의 표면건조상태의 중량을 측정하여 ( $W_1$ )와 원주형 공시체의 측면과 바닥면을 완전히 밀봉하고 상부에서 물을 주입하여 공시체를 완전히 포수시킨 중량( $W_2$ )을 측정하여 그 차를 공시체의 용적( $V$ )으로 나눈 값을 다음 식으로 계산하였다.

$$A(\%) = (1 - (W_2 - W_1) / V) \times 100$$

투수계수의 측정은 일본도로협회의 「투수성 아스팔트 혼합물의 투수 시험방법」에 준하여 측정하였으며 투수의 정도를 투수계수로 표시하였다.

그리고 압축강도 시험은  $\phi 10 \times 20$ cm 원주형 몰드에 콘크리트를 채우고 2.5kg의 램머로 2층 10회씩 다진 다음 24시간 후 탈형하여 수중양생후 재령 28일에서 KS F 2405에 준하여 일본 M사 제품의 용량 100t의 유압식 만능시험기를 사용하여 측정하였다.

식생능력평가는 각 배합별 제조된 식생용 포러스콘크리트의 패널을 제조하여 15%의 인산2암모늄을 이용하여 중화처리를 실시한 후 보수재 및 비료성분, 배양토등을 혼합한 충전재를 내부공극에 충전하여 식생공간을 확보하였다. 식생능력의 평가는 발아율 및 식물의 생육상태를 재령별 관측하여 그 척도로 하였으며 사용된 식물의 종류는 초본류에 Paranal Ryegrass 및 목본류로 남아초를 적용하였다.

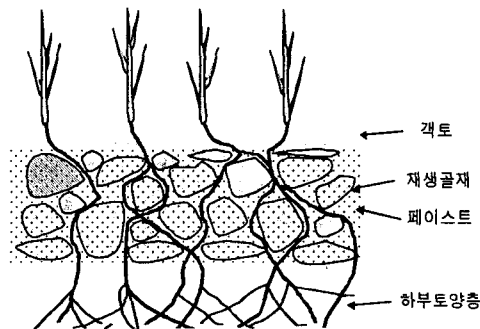


그림 1 식생콘크리트의 구성 단면도

## 3. 실험결과

### 3.1 공극률 시험결과

재생골재 및 플라이애시를 사용한 식생용 포러스콘크리트의 공극률 시험결과, 페이스트골재비가 증가할수록 공극률은 점차 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 플라이애시의 혼입률이 5%, 10%, 15%로 증가할수록 공극률은 다소 저하하는 양상을 나타내었다. 또한, 실리카흄 및 재생골재를 사용한 식생용 포러스콘크리트의 공극률 시험결과 실리카흄의 혼입률이 10%, 15%, 20%로 증가함에 따라 공극률은

점차 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 페이스트골재비의 증가에 따라 공극률은 점차 감소하는 것으로 나타났으며 이는 산물부산물의 비중감소로 인해 상대적으로 페이스트량이 증가되었기 때문으로 사료된다.

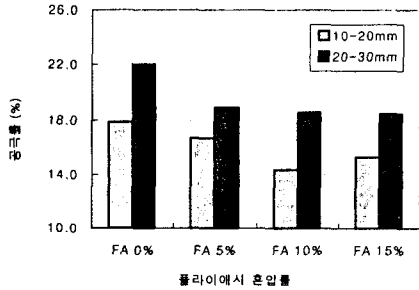


그림 2 플라이애시를 혼입한 식생콘크리트의 공극률

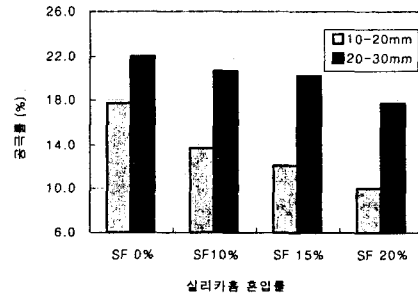


그림 3 실리카흄을 혼입한 식생콘크리트의 공극률

### 3.2 투수계수 시험결과

플라이애시 및 재생골재를 사용한 식생용 포러스콘크리트의 관계요인별 투수계수 시험결과 플라이애시 혼입률이 증가함에 따라 투수계수는 다소 감소하는 경향을 보이고 있으며, 페이스트골재비가 증가할수록 상당히 감소하는 경향을 나타내고 있다. 실리카흄을 사용한 경우의 투수계수는 공극률의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 실리카흄의 혼입률이 증가함에 따라 투수계수는 감소하는 경향을 보이고 있으며 페이스트골재비가 20%, 30%, 40%로 증가하면서 점차 감소하는 경향을 나타내었다.

### 3.3 압축강도 시험결과

플라이애시 및 재생골재를 사용한 식생콘크리트의 압축강도 시험결과 사용한 골재의 크기가 작은 경우 압축강도는 크게 나타나는 경향을 보이고 있으며, 페이스트골재비가 증가함에 따라 압축강도는 증가하는 양상을 나타내고 있으며, 실리카흄 및 재생골재를 사용한 식생콘크리트의 압축강도는 페이스트골재비가 증가할수록 점차 증가하는 경향을 나타내고 있으며 골재 치수가 작은 10~20mm의 경우는 20~30mm의 경우보다 다소 큰 압축강도를 나타내고 있다. 또한, 실리카흄의 혼입률에 따른 영향을 살펴보면, 실리카흄의 혼입률이 10%, 15%, 20%로 증가함에 따라 압축강도는 점차 증가하는 경향을 나타내었다.

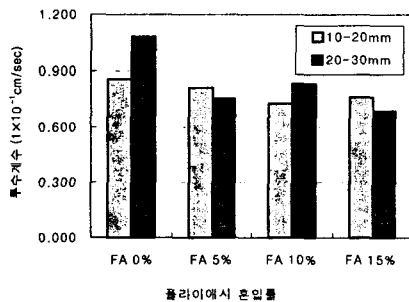


그림 4 플라이애시를 혼입한 식생콘크리트의 투수계수

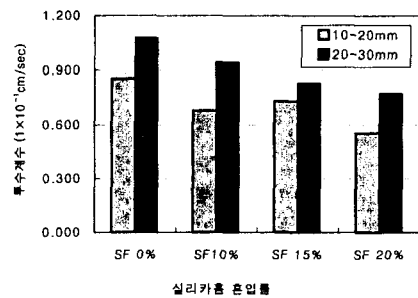


그림 5 실리카흄을 혼입한 식생콘크리트의 투수계수

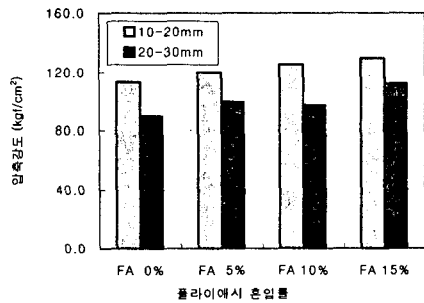


그림 6 플라이애시를 혼입한 식생콘크리트의 압축강도

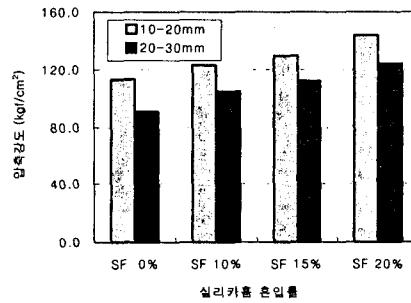


그림 7 실리카흄을 혼입한 식생콘크리트의 압축강도

### 3.4 식생능력평가

산업부산물을 이용한 식생용 콘크리트에 식생능력을 평가하기 위하여 직접 파종한 상태는 그림 8~9와 같다. 초본류로 Paranal Ryegrass를 목본류로 남아초로 구분하여 각 배합별 중화처리후의 직접파종 상태에서의 발아율은 다소 차이가 있지만 목본류인 남아초의 경우 발아시간이 다소 초본류에 비하여 오래 걸리는 점이 초기 생육상태 관리 측면에서 단점이기는 하였으나 전반적으로 식생용으로 제조한 콘크리트에서의 뿌리내림이나 생육상태는 양호한 것으로 나타났다.



그림 8 식생콘크리트에 배양토 및 종진재 처리후 모습

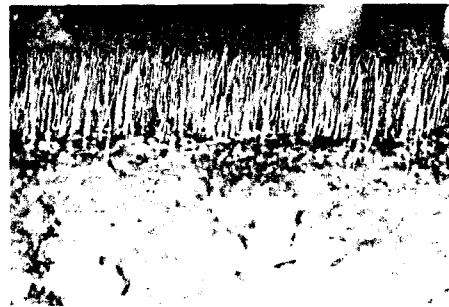


그림 9 식생콘크리트에 파종후 7일 경과후 모습

### 4. 결 론

산업부산물을 이용한 식생용 콘크리트의 공극률, 투수계수, 압축강도 및 식생능력에 대한 기본적인 물성평가 및 실험결과는 다음과 같다.

- ① 재생골재 및 플라이애시를 사용한 식생콘크리트의 공극률 시험결과, 페이스트골재비가 증가할수록 공극률은 점차 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 플라이애시의 혼입률이 5%, 10%, 15%로 증가할수록 공극률은 다소 저하하는 양상을 나타내었다. 또한, 실리카흄 및 재생골재를 사용한 식생콘크리트의 공극률 시험결과 실리카흄의 혼입률이 10%, 15%, 20%로 증가함에 따라 공극률은 점차 감소하는 경향을 나타내고 있다.
- ② 투수계수는 플라이애시 혼입률이 증가함에 따라 다소 감소하는 경향을 보이고 있으며, 페이스트골재비가 증가할수록 상당히 감소하는 경향을 나타내고 있다. 실리카흄을 사용한 경우에는 그 혼입률이 증가함에 따라 투수계수는 감소하는 경향을 보이고 있다.

- ③ 압축강도 시험결과 치수가 작은 10~20mm의 경우는 20~30mm의 경우보다 다소 큰 압축강도를 나타내고 있다. 또한, 플라이애시 및 실리카흙의 혼입률이 증가함에 따라 압축강도는 점차 증가하는 경향을 나타내었다.
- ④ 산업부산물을 이용한 식생용 콘크리트의 식생능력은 각 배합별 중화처리후의 직접파종 상태에서의 발아율은 다소 차이가 있지만 식생용으로 제조한 콘크리트에서의 뿌리내림이나 생육상태는 양호한 것으로 나타났다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국생산기술연구원의 2000년도 청정생산기술사업의 지원으로 이루어 졌으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

#### 참고문헌

1. 박승범, 신편 토목재료학, 문운당, 2000
2. 박승범, 토목품질시험실무편람, 공간예술사, 1998
3. 玉井元治 ; 連続空隙を有する固化体の透水性, セメント技術年報, 42卷, pp.487-490, 1988.12
4. 吉森和人ほか ; ポーラスコンクリートの植栽技術, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 18, No. 1, pp.1011~1016, 1996.
5. 中澤 隆雄, Abderrazak ZOUAGHI, ポーラスコンクリートの配合が透水性および強度に 及ぼす影響, セメント・コンクリート論文集, No.5, pp.382-387, 1996
6. 湯淺幸久, ポーラスコンクリートの製造方法に関する基礎的研究, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 21, No. 1, pp.235-240, 1999
7. Peterson, P. H. (1943). Properties of a porous concrete of cement and uniform sized gravel. Rep. No. BMS96, Nat. Bureau of Standards, Superintendent of Document, U.S. Govt. Printing Ofc., Washington, D.C
8. Tamai. M ; Properties of No-Fines Concrete Containing Silica Fume, ACI SP-114,
9. 김화중 ; 에코콘크리트에 대한 소개, 한국콘크리트학회 논문집, 제 8권 6호, 1996.
10. 한국 건설기술연구원 ; 생태도시 조성 기반기술 개발사업, 1997.