

산업부산물을 이용한 포러스콘크리트의 식생능력평가에 관한 연구

An Experimental Study on the Evaluation of Porous Concrete using Industrial By-products of Planting Factory

박승범*
Park, Seung Bum

권혁준**
Kwon, Hyuk Joon

서대석**
Seo, Dae Seuk

윤덕열***
Yoon, Duck Yeol

ABSTRACT

Porous concrete with a great deal of continuous porosity enables to contain water and to pass air freely through firmly hardened material, and allow necessary nutrients to reach roots of vegetation. Therefore, this paper deals with the voluntary properties and efficiency for planting of plant porous concrete. The results of experiment showed that void volumes were 17% to 31%, and compressive strength ranged between 80kgf/cm² and 180kgf/cm² when the ratio of the paste to aggregate was 0.3~0.5. When the aggregate size are 20~30mm, the paste to aggregate ratio is 0.3, and the length of Paranal Ryegress came up as 32cm. Ut supra the efficiency of planting goes through Paranal Ryegress in result the length of plant are in compliance with void volume and aggregate size.

1. 서론

시멘트 콘크리트는 현재까지 공공 건물, 교량, 도로 등의 각종 구조물의 주재료로 사용이 되어왔으며, 사회기반 시설의 확대 뿐만 아니라 경제나 문화의 발전에 많은 영향을 끼쳤다. 그러나 그러한 산업의 발달과 함께 콘크리트 자체의 구조적인 요소를 중시한 나머지 환경친화적인 측면에 소홀하여 산림이나, 수자원등의 자연을 훼손하고 동식물의 삶의 터전을 축소시키는 방향으로 사용이 되어왔다. 최근에 이러한 문제를 해결하기 위하여 선진외국에서는 환경친화를 위한 다방면의 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 식생이 가능한 포러스 콘크리트를 제조하기 위한 기초적 연구로서 산업부산물로 그 유효이용이 기대되고 있는 실리카흙, 플라이애시 등을 사용하여 식생이 가능한 포러스 콘크리트를 제조하기 위한 기초적 연구로서 골재의 입경 및 페이스트골재비에 따른 강도 및 공극특성을 분석하였으며 그러한 성상이 식물의 생육에 끼치는 영향을 검토하였다.

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

2. 사용재료 및 시험방법

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 실험에서는 일반시멘트에 고로슬래그 함량이 30%인 국내 S사 제품의 고로시멘트 B종을 사용하였으며 그 물리적 성분은 표 1과 같다.

표 1 고로시멘트의 물리적 성질

비중	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	용결시간(분)		압축강도(kgf/cm ²)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.03	4,091	0.01	300	460	170	270	420

2.2.2 골재

본 연구에 사용된 골재는 충남 금산의 채석을 사용하였다. 본 연구에 사용된 골재의 물리적 성질은 다음과 같다.

표 2 사용골재의 물리적 성질

종류	단위용적중량	비중	실적율(%)	공극율(%)
20~30mm	1,469kg/m ³	2.69	54.6	45.4
10~20mm	1,489kg/m ³	2.69	56.2	43.8
5~10mm	1,504kg/m ³	2.69	56.8	43.2

2.1.3 플라이애시

본 연구에 사용된 플라이애시는 보령 화력발전소에서 부산된 유연탄 플라이애시로 비중 2.1, Blain 지수는 3,124cm²/g의 것을 사용하였다.

2.1.4 실리카흄

본 연구에 사용된 실리카흄은 호주 E사의 제품의 초미분말의 제품을 사용하였으며, 화학적 조성 및 물리적 특성은 표 3과 같다.

표 3 실리카흄의 화학적조성 및 물리적 성질

화학적 성분(%)				물리적 특성		
SiO ₂	H ₂ O	C	lg.loss	Specific Gravity	Blain's(cm ² /g)	Particle Size(Aver.)
91.1	0.8	2.0	1.3	2.21	263,000	1.36 μ m

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 사용하였다.

2.2 배합 및 시험방법

2.2.1 산업부산물을 이용한 식생용 포러스콘크리트의 배합

산업부산물을 이용한 식생용 포러스콘크리트의 배합은 표 2에 나타난 3종류의 골재에 대하여 KS L 5111에 준하여 목표 흐름치를 20~30mm골재에 대해서는 190mm, 10~20mm골재에 대해서는 200mm,

5~10mm골재에 대해서는 210mm로 각각 설정하여 적절한 고성능 감수제의 양을 정한후 W/B 25%에서 산업부산물인 실리카흄을 시멘트의 중량비로 10%, 플라이애시를 시멘트의 중량비로 20%로 고정시키고, 페이스트 골재비를 30%, 40%, 50%로 변화시켜서 실험을 진행하였다.

2.2.2 산업부산물을 이용한 식생용 포러스콘크리트의 시험방법

산업부산물을 이용한 식생용 포러스콘크리트의 공극율 시험은 원주형 공시체를 측면과 바닥면을 완전히 밀봉하고 상부에서 물을 주입하여 공시체를 완전히 포수시킨 중량(W_1)과 그후 원주형 공시체를 공기중에서 1일간 건조시켜 중량(W_2)을 측정하여 그 차이를 공시체의 용적(V)으로 나눈 값을 다음 식으로 계산을 하였다.

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

압축강도 시험은 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 의 원주형 몰드에 콘크리트를 채우고 3층 25회씩 다짐을 하여 48시간 후 탈형하여 수증양생후 재령 28일에서의 KS F 2405에 준하여 일본 M사 제품의 용량 100t의 유압식 만능시험기를 사용하여 측정하였다.

식생능력평가는 각 배합별 제조된 $40 \times 40 \times 10\text{cm}$ 의 식생용 포러스콘크리트의 패널을 제조하여 15%의 인산 2암모늄을 이용하여 충분한 중화처리를 실시한 후 보수재 및 비료성분, 배양토등을 혼합한 충진재를 내부공극에 충전하여 식생공간을 확보하고 식생용 포러스콘크리트 패널에 약 3cm가량 복토를 실시한후 파종을 하였으며, 식생능력의 평가는 발아율 및 식물의 생육상태를 재령별로 관측하여 그 척도로 하였으며 식물의 종류는 초본류로는 Paranal Ryegrass를 사용하였으며, 목본류로는 낭아초를 적용하였다.

3. 실험결과

3.1 공극율 시험결과

산업부산물을 사용한 식생용 포러스콘크리트의 공극율 시험결과, 페이스트골재비가 증가할수록 공극율은 점차 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 플라이애시와 실리카흄을 혼입함에 따라서 공극율이 약간 감소하는 경향을 나타내었는데 이는 산업부산물의 비중감소로 인하여 상대적으로 페이스트량이 증가되었기 때문으로 사료된다. 또한 20~30mm와 10~20mm골재를 사용하였을 경우에는 목표공극율과 실제공극율이 거의 같았으나, 5~10mm골재를 사용하였을 때는 목표공극율보다 실제공극율이 약간 작게 나타났다. 이는 공시체 제조시 다짐으로 인한 골재의 충전율이 좋아지기 때문이라 판단된다.

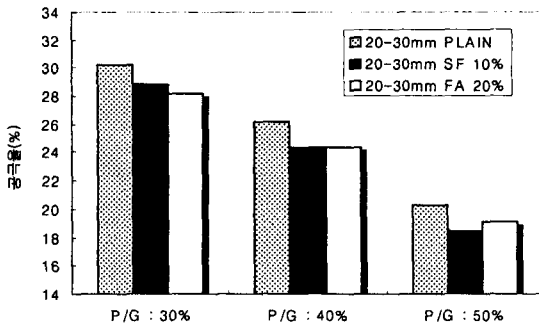


그림 1 식생콘크리트의 공극율(20~30mm)

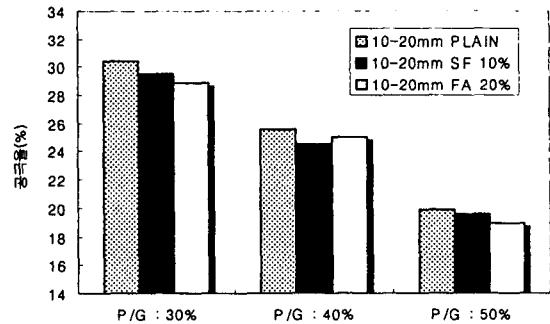


그림 2 식생콘크리트의 공극율(10~20mm)

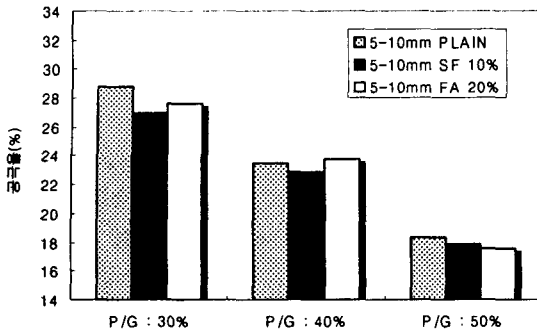


그림 3 식생콘크리트의 공극율(5~10mm)

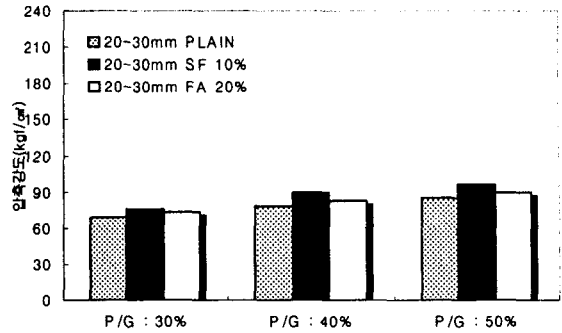


그림 4 식생콘크리트의 압축강도(20~30mm)

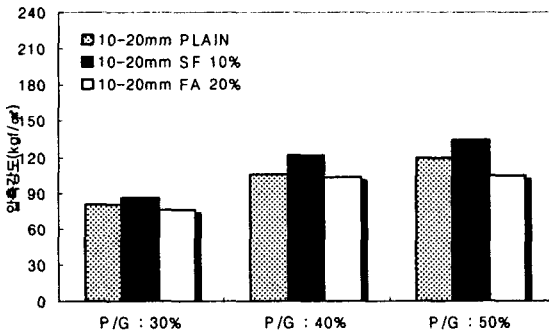


그림 4 식생콘크리트의 압축강도(10~20mm)

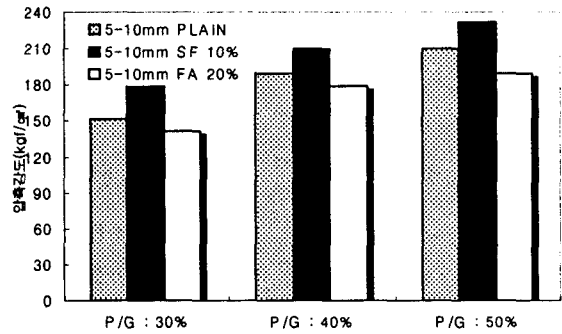


그림 4 식생콘크리트의 압축강도(5~10mm)

3.2 압축강도 시험결과

산업부산물을 이용한 식생콘크리트의 압축강도 시험결과 골재입경이 작아질수록 압축강도는 증가하는 경향을 보이고 있으며, 특히 5~10mm 골재를 사용한 경우에 동일한 페이스트골재비에서 20~30mm 골재를 사용한 콘크리트보다 2배이상의 압축강도를 발현하였다. 또한 동일한 골재의 경우에는 페이스트골재비가 증가함에 따라서 압축강도는 증가하는 경향을 보였다. 압축강도는 페이스트골재비보다는 골재의 입경에 영향을 많이 받는 것으로 강도시험 결과 나타났다. 또한 동일한 골재와 동일한 페이스트골재비인 경우에는 플라이애시를 20% 혼입함에 따라서 강도가 플라이애시를 넣지 않았을 때와 같거나 오히려 줄어드는 것으로 나타났다. 그리고 실리카흄을 10% 혼입함에 따라서 약 10%~18% 정도의 강도 증진이 되는 것으로 나타났는데, 이는 실리카흄을 넣으면 실리카흄으로 미세 충전효과와 두 포졸란계의 조합에 따른 상승작용으로 콘크리트 내부에 존재하는 기공이 더욱 감소되어 강도의 증진의 효과가 나타난 것이라 사료된다.

3.3 식생능력평가

식생용 포러스콘크리트의 식생능력을 평가하기 위하여 40×40×10cm의 식생용 패널공시체에 직접 파종하여 발아율 및 생육상태에 대하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

3.3.1 20~30mm 골재

20~30mm골재를 사용한 경우에는 초본류의 경우에는 발아율 및 초기생육에 있어서는 페이스트골재비에 상관없이 모두 양호한 것으로 나타났으나, 장기생육에 있어서 페이스트골재비가 50%로 큰 경우에는 특히 생육이 저조한 것으로 나타났다. 이는 시멘트 페이스트로 인한 골재의 공극감소로 식물 뿌리의 관통이 어려워지기 때문이라고 사료된다. 목본류인 낭아초에 있어서는 초기에 발아하는 정도가 초본류에 비하여 작으며 생육시에 초본류와 같이 페이스트골재비가 큰 경우에서 장기생육이 떨어지는 결과로 나타났다.

3.3.2 10~20mm골재

10~20mm골재를 사용한 경우에는 초본류의 경우에는 발아율에서는 페이스트골재비에 상관없이 모두 양호한 것으로 나타났다. 초기생육과 장기생육에 있어서는 페이스트골재비 30%,40%에서 모두 양호한 것으로 나타났으며, 장기생육에 있어서 페이스트골재비가 50%인 경우 생육상태가 매우저조한 것으로 나타났다. 목본류의 경우에는 페이스트골재비에 영향없이 발아율은 양호하게 나타났으나 초기생육에서 장기생육에 이르기까지 양호한 것은 페이스트골재비 30%인 것으로 나타났다. 페이스트골재비 40%, 50%에서는 생육이 저조하게 나타났으며, 특히 페이스트골재비 50%에서 장기생육이 매우저조한 것으로 나타났다.

3.3.3 5~10mm골재

5~10mm골재를 사용한 경우에는 초본류와 목본류 상관없이 발아율은 좋게나타났다. 이는 식생용콘크리트에 복토를 하였으므로 식물의 뿌리가 콘크리트에 진입하기전까지는 생육이 잘 되므로 인한 것으로 사료가 된다. 그러나 식물의 뿌리가 콘크리트를 관통하기 어려우므로 발아 후 생육면에서는 매우저조한 것으로 나타났다. 이는 포러스콘크리트의 연속공극이 식물의 뿌리가 관통하기에 어렵기 때문인 것으로 판단된다.

초본류인 Paranal Ryegrass의 페이스트골재비에 따른 재령별 초장은 다음 그림과 같다.

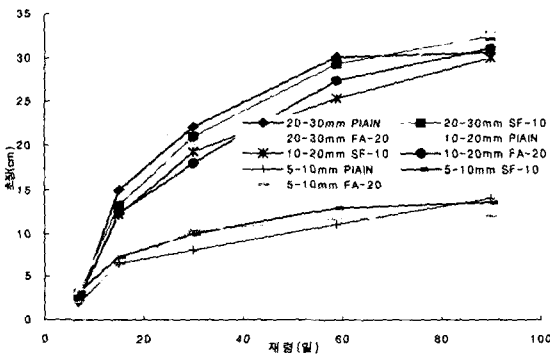


그림 7 재령에 따른 초장 (P/G:30%)

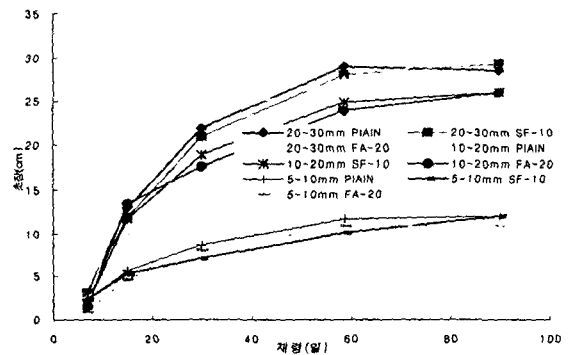


그림 8 재령에 따른 초장 (P/G:40%)

4. 결론

산업부산물을 이용한 식생용 포러스콘크리트의 공극률, 압축강도, 및 식생능력평가에 대한 물성평가 및 실험결과는 다음과 같다.

① 산업부산물을 이용한 식생콘크리트의 공극율시험결과 동일한 페이스트골재비에서 골재입경이 작아

질수록 공극율은 다소 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 동일한 골재에서는 페이스트 골재비가 증가할수록 공극율이 점차 감소하는 경향을 나타내고 있다. 실용적인 골재의 공극에 대한 페이스트골재비는 30%~40%정도로 하는 것이 적당한 것으로 판단된다.

② 압축강도 특성은 실리카흄과 플라이애시가 혼입되었을 때 높은 결과가 나왔고 페이스트골재비가 증가할수록 압축강도는 증가하는 경향이 나타났다. 또한 동일한 페이스트골재비에서는 골재의 입경이 커짐에 따라서 압축강도가 현저히 작아지는 것으로 나타났다. 이는 골재의 입경이 커지면 강도시험시 실제로 받는 재하면적이 줄어들기 때문에 강도가 작아지는 것으로 판단된다.

③ 5~10mm의 골재를 이용한 식생용 포러스콘크리트의 경우 발아 및 초기의 생육은 가능하나 중·장기적으로 보았을 때 식생이 어렵게 나타났다. 이는 식생용 포러스콘크리트의 공극의 공극경이 식물의 뿌리가 관통하기 용이한 크기를 가지지 못했기 때문으로 판단 되고, 10~20mm의 경우 초본류는 생육이 잘 되었으나, 목본류에서 장기의 생육능력이 약간 저하되는 것으로 나타났다. 20~30mm의 골재를 사용하는 경우 식물의 생육에는 이상적인 공극을 가지고 있으나, 특별히 강도를 요하는 곳에서는 낮은 강도로 인하여 사용이 어렵다고 판단된다.

참고문헌

1. 박승범, 신편 토목재료학, 문운당, 2000
2. 박승범, 토목품질시험실무편람, 공간예술사, 1998
3. 박승범, 폐기물을 이용한 환경친화형 시멘트/콘크리트의 개발, NCCP 연구보고서, 2001
4. 玉正元治 ; 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
5. 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
6. Tamai, M ; Properties of No-fines Concrete Containing Silica Fume, ACI SP-114