

# 포러스콘크리트의 골재입도 및 공극률에 따른 식생능력평가

## Planting-Ability Properties of Porous Concrete as Gradation and Void Ratio

윤덕열\*\*      김정환\*\*      조영수\*\*      표구영\*\*      박승범\*  
Duck-Yeol Yun      Joung-Hwan Kim      Young-Soo Cho      Koo-young Pyo      Seung-Bum Park

---

### ABSTRACT

As a 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. Porous Concrete enables water and air to pass through a firmly hardened material and allows required nutrients to reach roots of plants. The purpose of this study is to analyze planting ability when the change of aggregate gradation and void ratio. The results of an experiment from the planting ability of the porous concrete to its influence on the compressive strength are reported in this paper. As a result of the experiment, the compressive strength is higher when the gradation of aggregate is smaller, and it also goes higher when the void ratio gets smaller. The planting ability of porous concrete is decided by the germination and the grass length of *Indigofera pseudo-tinctoria*(IPT). The length of IPT is longer when the gradation of aggregate is greater and the void ratio gets smaller.

---

### 1. 서론

산업이 발달함과 함께 시멘트 콘크리트는 공공건물, 교량, 도로등 각종 구조물의 주재료로 사용되어져 왔으며, 사회기반 시설의 확대 및 경제나 문화의 발전에 많은 영향을 끼쳤다. 그러나 시멘트 콘크리트는 그 자체의 구조적 요소를 중요시한 나머지 환경친화적인 측면에 소홀하여 콘크리트 구조물의 대부분이 자연과 직접 대치하여 대량으로 사용되어졌기 때문에 사회적으로 부정적인 인식이 확산되어졌다. 이를 개선하기 위하여 최근 건설분야에서는 많은 연구가 진행되어지고 있으며 그 일환으로서 포러스 콘크리트를 이용한 여러 가지의 연구가 국내외에서 활발히 진행되고 있다. 그러나 국내에서의 연구는 포러스 콘크리트의 물리·역학적 특성 및 기초적인 물성에 대한 연구에 그치고 있으며 포러스 콘크리트의 적용에 대한 연구는 미비한 실정이다.

---

\* 정희원, 충남대학교 토목공학과 대학원

\*\* 정희원, 충남대학교 토목공학과 교수

따라서 본 연구는 다공성의 포러스콘크리트를 이용하여 식물생육이 가능하며 환경친화적인 녹화 특성을 갖도록 하기 위한 포러스콘크리트의 제조에 대한 연구로서 골재입도 및 공극률에 따른 식물의 생육특성 및 복토두께와 비료의 혼입에 따른 식물의 생육특성을 검토하였다.

## 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 화학적 성분 및 물리적 성질

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

#### 2.1.2 골재

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

표 2 사용골재의 물리적 성질

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

#### 2.1.3 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 식생용 포러스 콘크리트의 배합

식생용 포러스 콘크리트의 배합은 W/C를 25%로 정한 후 표 2의 3종류의 골재에 대하여 목표 흐름치를 20~30mm, 10~20mm, 5~10mm 입도의 골재에 대하여 각각 190mm, 200mm, 210mm로 설정하여 적절한 고유동화제의 양을 정하였으며, 목표공극률을 20%, 25% 30%로 설정하여 배합을 수행하였다.

### 2.2.2 식생용 포러스 콘크리트의 시험방법

식생용 포러스콘크리트의 공극률 시험은 원주형 공시체를 측면과 바닥면을 완전히 밀봉하고 상부에

서 물을 주입하여 공시체를 완전히 포수시킨 중량( $W_1$ )과 그후 완주형 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 48시간후 탈형하여 수중양생후 재령 28일에서 KS F 2405에 준하여 일본 M사 제품의 용량 100t의 유압식 만능 시험기를 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 충전재를 내부공극에 충전하였으며, 골재입도 및 공극률에 따른 식생능력평가와 비료혼입에 따른 식생능력평가에서는 3cm의 복토를 실시한 후 파종을 하였으며, 복토두께에 따른 식생능력평가에서는 복토를 0cm, 2cm, 3cm, 5cm의 두께로 실시한 후 파종을 하였다. 비료혼입에 따른 식생능력평가에서는 시멘트 중량비로 5%를 혼입하여 식생용 포러스콘크리트 패널 공시체를 제조하였다. 식생능력평가에 사용된 식물의 종류는 목본류인 낙아초를 적용하였으며, 측정항목으로는 발아상태 및 7일, 15일, 30일, 60일, 120일에서의 초장을 측정하였다.

### 3. 실험결과

#### 3.1 공극률 및 압축강도 시험결과

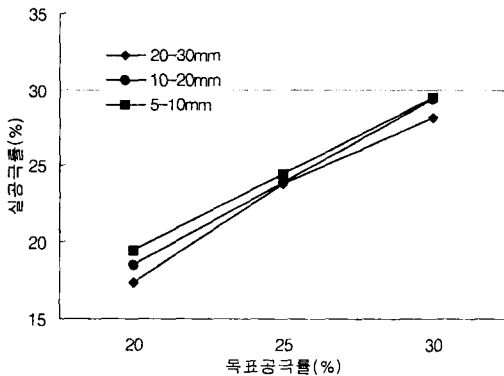


그림 1 목표공극률과 실제공극률과의 관계

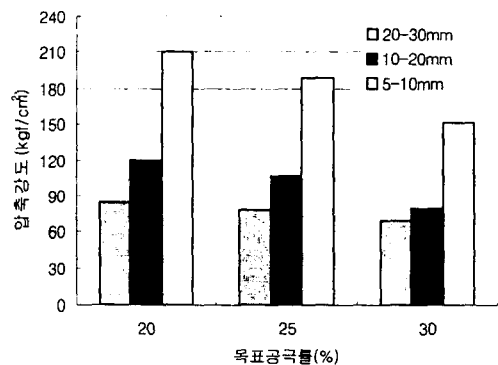


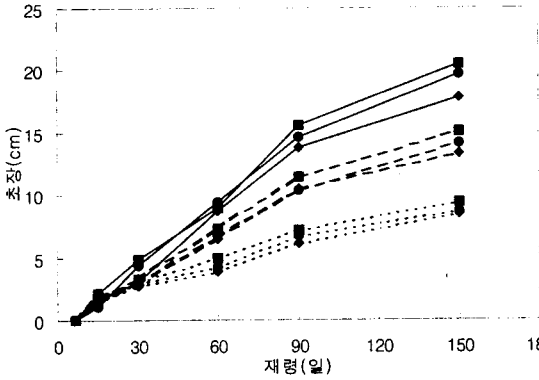
그림 2 식생용 포러스콘크리트의 압축강도특성

식생용 포러스콘크리트의 공극률 시험결과는 그림 1과 같다. 이를 고찰하여보면 목표공극률과 실공극률과의 차이는 거의 없는 것으로 나타났으며 골재입도가 작아짐에 따라서 공극률은 점차감소하는 경향을 나타냈는데 이는 공시체 제조시 다짐이 양호해져서 골재의 충전률이 좋아졌기 때문이라 판단 된다.

그림 2는 식생용 포러스콘크리트의 압축강도 시험결과로서 공극률이 감소함에 따라서 압축강도는 증가하는 경향을 나타내었으며, 골재입도가 감소함에 따라서 압축강도가 증가하는 경향을 나타내었다. 특히 5~10mm입도의 골재를 사용한 경우에는 현저한 강도 증가 경향이 나타났다.

### 3.2 식생능력평가

#### 3.2.1 골재입도 및 공극률에 따른 식생능력



#### (1) 발아상태

식생용 포러스콘크리트에 목본류인 낭아초를 파종한 결과 파종 후 약 10일경에 발아가 되었으며 골재 입도 및 공극률에 관계없이 발아상태는 양호한 것으로 나타났다. 이는 식생용 포러스콘크리트에 3cm정도의 복토를 실시하였기 때문에 객토층의 피트머스와 배양토에 의하여 식물의 발아에 필요한 양분과 수분을 확보하였기 때문이라 판단된다.

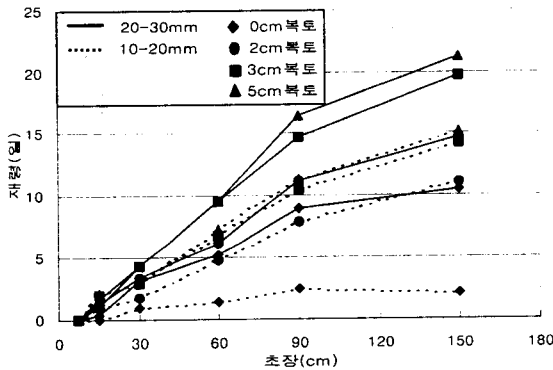
#### (2) 생육특성

그림 3 골재입도 및 공극률에 따른 낭아초의 초장

고찰하여보면 파종후 30일까지는 골재입도 및 공극률에 무관하게 성장하였으나, 30일 이후에서는 골재입도가 클수록, 공극률이 증가할수록 생육상태가 양호한 결과가 나타났다. 또한 동일한 골재입도에서 공극률의 변화에 의한 생육상태의 차이보다는 동일한 공극률에서 골재입도에 의한 생육상태의 차이가 크게 나타났는데 이는 식물이 포러스콘크리트에 생육하기 위해서는 연속공극의 형성과 함께 포러스콘크리트내의 공극의 공극크기가 중요한 요인이 된다고 판단된다.

그림 3은 식생용 포러스콘크리트에 낭아초를 파종한 후 150일까지 초장을 측정한 그림이다. 이를

#### 3.2.2 복토두께에 따른 식생용 포러스콘크리트의 식생능력평가



#### (1) 발아상태

복토두께에 따른 낭아초의 발아상태는 복토를 하지 않은 경우에는 발아상태가 현저히 저하되는 경향이 나타났으나, 2cm, 3cm, 5cm의 복토를 한 경우에는 발아상태가 양호한 것으로 나타났다. 복토를 하지 않은 경우에서 발아상태가 저하되는 이유는 식물이 발아하기 위한 수분조건을 만족시키지 못하며 또한 식물의 생육에 필요한 양분을 제공하지 못하기 때문이라 판단된다.

#### (2) 생육상태

그림 4 복토두께에 따른 낭아초의 초장

그림 4와 같다. 이를 살펴보면 복토두께가 감소할수록 초장은 감소하는 경향을 보였으며, 복토두께가 감소할수록 초장의 감소폭은 크게 나타났으며 3cm의 복토를 하였을 때와 5cm의 복토를 하였을 때의 초장의 감소폭은 그리 크지 않은 것으로 나타났다. 또한 복토를 하지 않은 경우에는 30일 이후에서의 성장은 미미한 것으로 나타났으며 파종후 90일 이후에서는 식물의 생육이 저하되는 것으로 나타났다. 이는 복토층이 없었기 때문에 초기에 식물이 생육하는데 필요한 수분을 확보하지 못하였고, 또 양분을

낭아초의 복토두께에 따른 각 재령별 초장은 그

제대로 공급받지 못했기 때문에 식물의 성장능력이 약화된 것이라 판단된다. 또한 동일한 복토두께에서 골재입도가 증가함에 따라서 낭아초의 생육상태는 양호한 것으로 나타났으며, 골재입도가 감소할수록 복토두께의 감소에 의한 낭아초의 생육상태의 저하폭은 큰 것으로 나타났다. 이는 골재의 공극경이 골재입도가 작아짐에 따라서 감소하였기 때문이라 판단된다.

### 3.2.3 비료혼입에 따른 식생용 포러스콘크리트의 식생능력평가

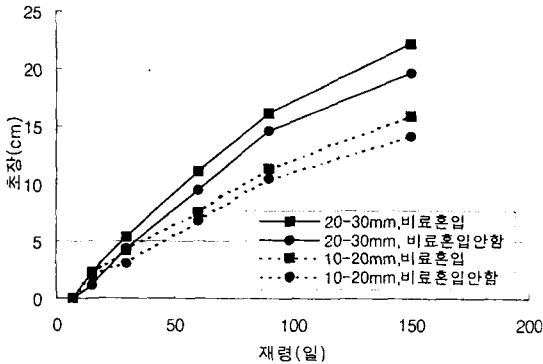


그림 5 비료혼입에 따른 낭아초의 초장

혼입한 경우가 재령이 증가함에 따라서 초장의 증가폭이 커지는 경향이 나타났으며 20~30mm의 입도의 골재를 사용한 경우와 10~20mm 입도의 골재를 사용한 경우 비료를 혼입한 경우가 각각 18.6%, 14.3%의 초장이 증가하는 경향이 나타났다. 이는 비료를 혼입하지 않은 경우에서는 낭아초의 파종후 재령이 증가함에 따라서 복토층에 있는 양분이 점차 소모되어 고갈되었기 때문이라 판단된다.

#### (1) 발아상태

비료혼입에 따른 식생용 포러스콘크리트의 식생능력평가를 하기 위하여 목본류인 낭아초를 파종한 결과 비료혼입여부에 관계없이 양호한 발아상태를 나타내었다. 이는 낭아초의 발아초기에는 비료혼입과 무관하게 복토층에 존재하는 양분에 의하여 식물이 생육되었기 때문이라고 판단된다.

#### (2) 생육상황

비료혼입에 따른 낭아초의 생육특성은 그림 5와 같다. 이를 고찰하여보면 파종후 30일까지는 동일한 생육양상을 보였으나 파종후 30일 이후 비료를

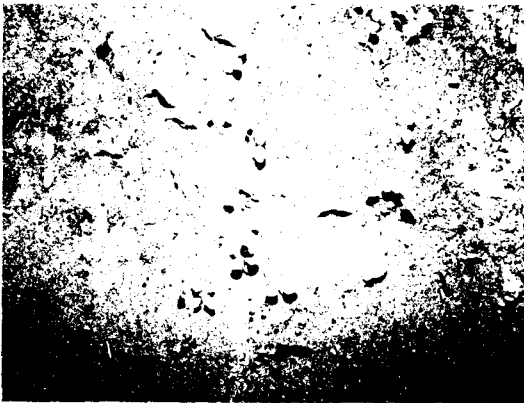


그림 6 낭아초의 발아 (파종후 10일)



그림 7 낭아초의 발아 (파종후 150일)

## 4. 결론

포러스 콘크리트의 골재입도 및 공극률에 따른 식생능력평가에 대한 실험결과는 다음과 같다.

- ① 식생용 포러스콘크리트의 공극률 시험결과 목표공극률과 실제공극률의 차이는 거의 없는 것으로 나타났으며, 압축강도 시험결과 골재입도가 감소할수록 압축강도는 증가하는 경향을 보였으며, 5~10mm입도의 골재를 사용한 경우 현저한 강도의 증진이 나타났다. 또한 동일한 골재입도에서는 공극률이 감소함에 따라서 압축강도는 증가하는 경향이 나타났다. 이는 공극률이 감소함으로써 인하여 시멘트 페이스트가 골재의 공극부분을 충전하였기 때문이라 판단된다.
- ② 식생용 포러스콘크리트의 골재입도 및 공극률에 따른 남아초의 식생능력에서 발아상태는 골재입도와 공극률에 무관하게 양호한 결과가 나타났다. 이는 식물의 발아초기에는 식물의 뿌리가 포러스콘크리트 층에 침입하지 않고 복토층에 존재하여 충분한 양분과 수분을 공급받았기 때문이라 판단된다. 파종후 재령에 따른 생육특성은 골재입도가 증가함에 따라, 공극률이 증가함에 따라서 생육상태가 양호한 것으로 나타났다. 또한 5~10mm입도의 골재를 사용한 경우에는 공극률에 무관하게 남아초의 생육이 현저히 저하되는 것으로 나타났다. 이는 포러스콘크리트의 공극경이 식물의 뿌리가 통과하기에 적당한 크기를 가지지 못하였기 때문이라 판단된다.
- ③ 식생용 포러스콘크리트의 복토두께에 따른 남아초의 생육상태는 복토두께가 증가할수록 골재입도와 무관하게 생육이 양호한 것으로 나타났으나 그 증가폭은 점차 감소되었다. 복토를 하지 않은 경우 초기에는 어느정도 생육이 되나 파종후 재령이 증가할수록 저하되는 것으로 나타났다. 따라서 식생을 하기위한 적당한 복토두께는 2~3cm 정도라고 판단된다.
- ④ 식생용 포러스콘크리트의 비료혼입에 따른 남아초의 생육상태는 파종후 생육 초기에서는 별다른 차이가 없었으나, 파종후 30일 이후에서는 점차 비료를 혼입한 경우가 생육상태가 양호한 것으로 나타났다. 파종후 150일에서는 20~30mm, 10~20mm입도의 골재를 사용한 경우 각각 비료를 혼입하지 않은 경우보다 18.4%, 14.3%의 생육이 증진된 것으로 나타났다. 따라서 식생용 포러스콘크리트에 비료를 혼입하는 것은 식물의 생육에 유효하다 판단된다.

### 감사의 글

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

### 참고문헌

1. 박승범, 신편 토목재료학, 문운당, 2000.
2. 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.
3. 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.
4. Tamai, M ; Properties of No-fines Concrete Containing Silica Fume, ACI SP-114.
5. 大谷俊活, "シメントペーストの流動性がポーラスコンクリートの振動締固め性狀に及ぼす影響" 콘크리트工學年次論文報告集, Vol.23, No.1, pp.139~144, 2001.