

식생을 위한 다공성 콘크리트의 pH 저감에 대한 실험적 연구

pH Reduction of High Porous Concrete to Grow Plants

박찬규^{*} 정재홍^{**} 김한준^{***}
Park, Chan Kyu Jeong, Jae Hong Kim, Han Jun

ABSTRACT

In the point of the Eco-concrete(Environmentally Friendly Concrete), it is very important to reduce the pH of high porous concrete by the pH to be able to grow plants, because the pH of concrete is 11~13. But the method of measuring the pH of high porous concrete is not well-defined, yet. Therefore, first, this paper report the method of measuring the pH of high porous concrete. Secondly this paper reports the pH reduction of high porous concrete to grow plants.

keyword : Eco-concrete, pH reduction, measuring pH

1. 서론

최근 국내에서는 환경친화적인 건설에 대한 국내외적인 관심이 고조되고 있으며, 특히 콘크리트 구조물에서도 식물이 살 수 있게 하는 녹화콘크리트(또는 식생콘크리트)에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다. 녹화콘크리트는 다공성 콘크리트, 보수성충전재 및 표층객토로 이루어져 있다. 다공성 콘크리트는 식물이 생육할 수 있는 공간을 마련해주며, 보수성 충전재는 수분과 영양분을 제공하고 표층객토는 씨앗이 발아할 수 있는 공간이 된다.

특히 다공성 콘크리트에서는 일반적인 콘크리트의 pH가 11~12로써 식물이 생육할 수 없는 강알칼리성을 띄는 약점을 가지고 있다. 그리하여 녹화콘크리트에 기본적으로 사용되는 다공성콘크리트에 있어서 식물생육을 위해 가장 중요한 점은 식물생육이 가능한 pH로의 저감이다.

본 연구에서는 다공성 콘크리트의 pH 측정방법에 대해 먼저 기술하고, 이후 다공성 콘크리트의 pH 저감방안에 대해 정리하고자 한다.

* 정회원, 삼성물산(주)건설부문기술연구소 선임연구원
** 정회원, 삼성물산(주)건설부문기술연구소 전임연구원
*** 정회원, 삼성물산(주)건설부문기술연구소 연구원

2. 실험방법

2.1 pH 측정방법

녹화콘크리트는 식물이 생육할 수 있는 콘크리트이다. 식물이 생육할 수 있는 용토의 pH는 9 이하이기 때문에 다공성 콘크리트의 pH를 9 이하로 저감시켜야 한다.

그러나 콘크리트의 pH를 측정하는 규정된 방법이 없기 때문에 실제 식물이 살 수 있는 pH로 되었는지를 실증할 수 없다. 기존에 사용되고 있는 방법들을 고려할 경우 pH를 측정하는 방법에 따라서 그 값들이 상당한 차이를 보여줄 수 있다. 다음 각각은 콘크리트의 pH를 측정하는 방법이다.

(1) 물붓기에 의한 pH 측정방법

다공성 콘크리트의 pH를 측정하는 방법으로 주로 사용되는 방법이다. 물붓기에 의한 pH 측정방법은 $\phi 5 \times 10\text{cm}$ 공시체를 적정 재령동안 수중양생한 후 상부에서 30ml의 증류수를 산포하여 하부에 흘러나온 증류수의 pH를 KS M 0011의 방법으로 측정하는 방법이다. 또한 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 공시체를 사용하는 경우는 60ml의 증류수를 산포한다.

(2) 페이스트 분쇄에 의한 pH 측정

다공성 콘크리트를 배합하는 때에 페이스트 만을 채취하여 얇은 판상으로 만든 후 (이 때 골재를 코팅하고 있는 페이스트의 두께 정도로 만드는 것이 중요한데 만들기 어려움) 다공성 콘크리트와 똑같은 양생 조건으로 양생을 시킨다. 그후 측정재령 별로 굳은 페이스트 중 적당량을 떼어내어 분쇄한 후 페이스트 5~10g에 증류수 200ml를 혼합하여 잘 저은 후 pH를 측정한다.

(3) 물속에 담그기에 의한 pH 측정 (토양산도 측정방법)

토양의 산도를 측정하는 방법과 같이 다공성 콘크리트와 증류수의 비율이 5~10g:200ml가 되도록하여 약 1시간 동안 증류수 속에 다공성 콘크리트를 담근 후 pH를 측정하는 방법이다.

2.2 pH 저감방안

pH 저감실험을 위해 사용된 배합은 다음 표 1과 같다.

표 1 배합비

배합	W/B	BFS 치환량	G/B비	Vp/Vg	비고
case A	25	70%	4.3	36.1	21일 중화처리
case B	25	70%	9	17.2	7일 중화처리

※ Vp/Vg : 페이스트-굵은골재 부피비 (이하 Vp/Vg)

(1) 양생에 의한 pH 저감

양생변수는 기중양생, 7일간 수중양생, 28일간 수중양생 및 7일간, 하루 1~2회 살수양생으로 하였다. 양생 방법에 따라 초기 pH와 장기적인 pH의 변화를 측정하였다.

(2) 중화처리에 의한 pH 저감

양생변수는 중화처리를 하지않은 경우(무처리)와 중화처리를 10분간, 30분간 및 60분간 한 경우의 4경우

를 실험하였다. 중화처리는 마른 공시체를 $[(NH_4)_2HPO_4]$ 15% 용액에 각 시간동안 침지하는 것으로 하였다. case A는 21일간 수증양생 후, case B는 7일간 수증양생후 중화처리를 하였다.

(3) 피트모스에 의한 pH 저감

피트모스는 식재를 위한 용토로 사용하는 재료로써 씨앗의 발아 등 여러 가지 용도의 용토로 쓰인다. 그러나 다른 용토와는 달리 pH가 3.5~4.2 정도의 산성을 띄기 때문에 다공성 콘크리트의 충전재로써 주로 사용된다.

본 실험에서는 피트모스에 의한 다공성 콘크리트의 pH 저감정도를 알기 위해 피트모스와 물을 섞은 용액(피트모스:물=7g/120ml)에 다공성 콘크리트를 약 1시간 가량 침지시킨 후 꺼내어 물받기에 의해 pH를 측정하였다.

3. 실험결과

3.1 pH 측정방법의 결정

(1) 물받기에 의한 pH 측정 결과

물받기에 의한 pH 측정방법에서는 물 붓는 횟수 및 물 붓는 양이 pH 값에 큰 영향을 미친다. 다음의 그림 1은 물량에 따른 pH 측정값이고, 그림 2는 물받기 횟수에 따른 pH 측정값이다. 그림 1 및 그림 2에 사용된 배합은 case B이며, 측정시 사용된 몰드는 $\phi 10 \times 20$ cm 공시체이다.

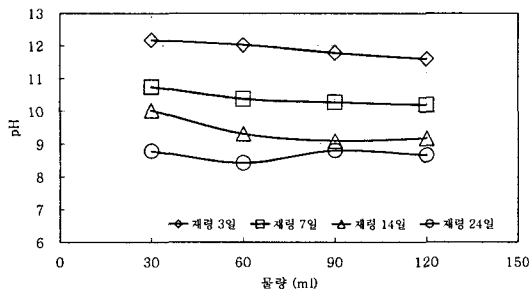


그림 4 물량에 따른 물받기에 의한 pH 측정값 (case B)

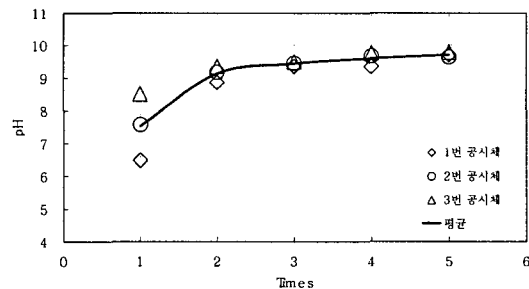


그림 5 물받기 횟수에 따른 pH 측정값 (case B)

그림 1에 나타난 바와 같이 물받기량은 60ml 이상일 경우 거의 일정한 값을 나타내기 때문에 측정시 사용 물량은 60ml가 가장 적절한 것으로 사료된다.

그림 2에 나타난 측정결과에 따르면 물받기 횟수가 2회일 때 이후부터 안정적인 값을 나타내는 것을 알 수 있다. 마른 공시체에 증류수를 1회 부은후 떨어지는 물의 pH를 측정한 결과 각 공시체별로 편차도 크고 값도 상당히 낮은 결과를 보였다. 이는 굵은 골재를 도포하고 있는 페이스트 표면의 중성화 두께에 따른 영향이 크며, 2회 측정시부터 안정적인 결과를 얻는 것은 1회 물받기에 의해 공시체에 흡수된 물이 알칼리와 함께 용출되기 때문으로 사료된다. 1회 측정에 의한 pH 값은 상당히 부적합한 값을 알 수 있다.

물받기 실험시 적절한 측정방법은 $\phi 10 \times 20$ cm 공시체를 사용할 경우 증류수 물량은 60ml 이상을 사용하며, 마른 공시체에 증류수 60ml를 1회 부은 후 약 20분 뒤 증류수 60ml를 다시 부은 후 pH를 측정하는 것이 가장 안정적인 결과를 얻을 수 있는 방법인 것으로 사료된다.

(2) 페이스트 분쇄에 의한 pH 측정 결과

페이스트 분쇄에 의한 pH 측정시 가장 문제점은 배합에 따라 골재를 도포하는 페이스트의 두께를 배합시 만들 수 없다는 데에 있다. 또한 그림 3과 같이 골재를 도포하는 페이스트 표면에서부터 중성화가 시작되기 때문에 중성화 두께에 따라 용출되는 pH가 다르다. 따라서 배합시 페이스트 바를 만들어 분쇄할 때에는 중성화되지않은 부분의 분쇄에 의해 항상 pH가 12 이상이 나오게 되기 때문에 pH를 평가하는 적절한 방법이 아닌 것으로 사료된다.

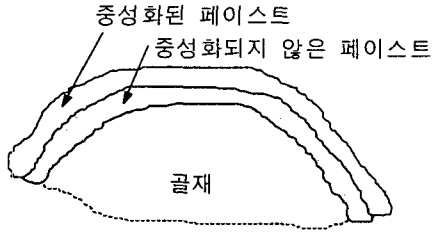


그림 3 골재표면에 도포된 페이스트

표 2 토양산도 측정방법에 따른 pH 측정결과

측정방법	1시간후	16시간후	43시간후
10g:200ml (con:c:W)	9.62	10.14	9.97
5g:25ml (con:c:W)	10.15	10.59	10.30
물붓기	9.83		

(3) 물속에 담그기에 의한 pH 측정 결과 (토양산도 측정방법)

토양산도 측정방법에 따른 pH 측정결과는 다음 표 1과 같다. 표 1에 나타난 바와 같이 1시간후 측정결과가 물붓기 결과와 유사한 결과를 나타내었고, 콘크리트와 물의 비율은 10g:200ml의 경우가 가장 적절한 것으로 사료된다.

따라서, 식생에 요구되어지는 적절한 pH 값을 평가하기 위해 다공성 콘크리트의 pH를 측정하는 방법으로 여러 가지 방법을 사용하는데, 가장 적절한 방법은 물붓기에 의한 pH 측정방법인 것으로 사료된다.

3.2 녹화콘크리트의 pH 저감방안

pH 측정방법은 물붓기에 의한 pH 측정방법을 사용하였다.

(1) 양생에 의한 pH 저감실험 결과

양생조건에 따른 pH 측정결과는 다음 그림 4에 나타난 바와 같다.

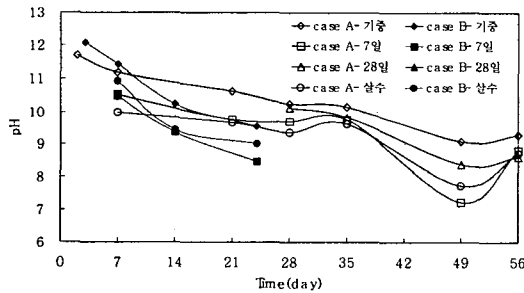


그림 4 양생조건에 따른 pH 측정 결과

그림 4에 따르면 case A의 경우 V_p/V_g 가 36.1%로써 case B의 경우인 17.2% 보다 상당히 크다. 따라서 재령별 pH 측정값은 case B의 경우가 낮게 나오고 있다.

기중양생의 경우는 수중양생의 경우보다 pH가 각 재령별로 높게 나오며, 수중양생이 초기 pH 저감에 상당히 중요함을 알 수 있다.

7일간 살수양생은 현장타설의 경우를 모사한 경우이며, 7일간 수중양생을 한 경우와 유사한 결과를 나타내었다. 그러나, 28일간 계속 수중양생을 하여도 7일간 수중양생을 한 경우와 비교

하여 pH 저감에는 큰 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다. 이는 28일간 수중양생시 양생수조 내부의 물이 공기체에서 용출되어 나오는 알칼리 때문에 상당히 높은 pH를 나타내었기 때문으로 보인다.

양생시에는 초기 7일간 살수양생이나 7일간 수중양생을 해주는 것이 바람직한 것으로 사료된다. 특히 흐르는 물 등에서 수중양생을 할 경우 계속 알칼리를 물로 용출시켜 씻어낼 수 있기 때문에 pH 저감에 큰 효과를 나타낼 것으로 사료된다. 그러나 이 방법은 물의 소모가 많아 경제성이 떨어지는 방법이다.

(2) 중화처리에 의한 pH 저감실험 결과

중화처리조건에 따른 측정결과는 다음 그림 5에 나타난 바와 같다.

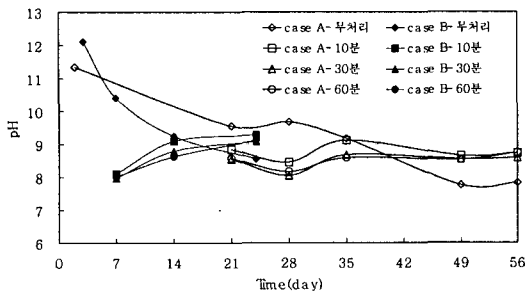


그림 5 중화처리에 따른 pH측정 결과

그림 5에 나타난 바와 같이 case B의 경우 재령 7일에 중화처리를 하였고 pH는 약 8 정도로 저감되었으며, 무처리한 것의 pH는 10.4 정도로써 상당히 중화가 된 것을 알 수 있다. case A의 경우는 재령 21일에 중화처리를 하였고 pH는 약 8.7 정도로 저감되었으며, 무처리한 것의 pH는 9.6 정도로써 상당히 중화가 된 것을 알 수 있다.

양생시에는 빠르게 알칼리를 용출시켜 중성화시키는 것이 목적인 반면, 중화처리는 인산2암모늄을 이용하여 콘크리트 표면에 인산에 의한

피막을 만들어서 알칼리의 용출이 느리게 일어나게 하는 것이 목적이다. 따라서 초기 pH는 인산에 의한 피막으로 상당히 중화처리된 것으로 보이지만 장기적으로 볼 때에는 중화처리하지 않은 것과 비교하여 pH가 다시 상승하는 것을 볼 수 있다. 이는 인산에 의해 형성된 피막이 장기적으로 물이나 이물질 등에 의해 파괴가 되어 내부에 있던 알칼리가 다시 용출되기 때문으로 사료된다. 따라서 중화처리시에는 상당한 주의를 요하게 된다.

case A의 경우는 21일 재령에서 중화처리를 하여 그후 pH값이 약간 상승하였다가 다시 하강하였으나, case B의 경우는 7일 재령에서 중화처리를 하여 그후 재령에 다시 pH가 증가하였다. 특히 case B의 경우 재령 24일에서 무처리한 경우의 pH가 중화처리한 경우보다 낮게 나오는데 이는 꾸준히 알칼리가 용출되었기 때문으로 생각된다.

따라서 다공성 콘크리트 부재를 미리 상당한 시간동안 수중 및 기중 양생을 시킨 후 중화처리를 하면 중화처리에 의한 효과가 극대화 될 것으로 사료된다.

(3) 배합에 의한 pH 저감

다공성 콘크리트는 물과 결합재(시멘트 또는 그외의 혼화재) 및 일정크기의 굵은골재를 이용하여 제작하게 된다. 굵은골재의 interlocking에 의해 발생하는 공극을 이용하여 다공성의 공극을 만드는데 여기에 접착력을 주기위해 시멘트 페이스트를 이용한다. 시멘트 페이스트는 굵은골재를 도포하여 다공성의 콘크리트를 형성하는 데에 기여한다. 이때 도포되는 시멘트 페이스트의 두께에 따라 중성화하는 시간이 길어지기도 하고 짧아지기도 한다. 이는 다공성 콘크리트의 압축강도 및 pH와 긴밀한 관계를 가지고 있다.

다공성 콘크리트의 압축강도와 공극율을 조절하기 위해 굵은골재-결합재 무게비 또는 페이스트-굵은골재 부피비(V_p/V_g)를 이용한다. 이 요소는 다공성 콘크리트의 pH에도 영향을 주며, 이는 굵은골재에 도포되는 페이스트의 두께 때문으로 사료된다.

그림 6은 다공성 콘크리트의 V_p/V_g 에 따른 pH값의 경시변화이다.

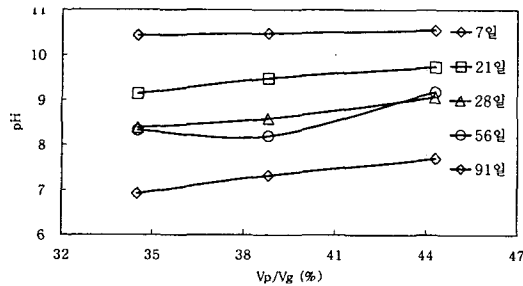


그림 6 Vp/Vg에 따른 pH값의 경시변화

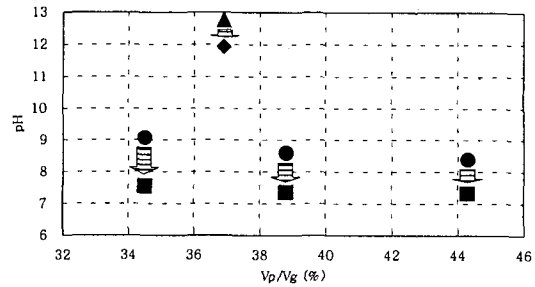


그림 7 피트모스에 의한 pH 저감효과

(4) 피트모스에 의한 pH 저감실험 결과

그림 7에 나타난 바와 같이 실험결과 피트모스에 의한 pH 저감량이 각각 0.7~1.5 정도로 나타났으며, 다공성 콘크리트의 공극을 채우는 충전재료로써 다공성 콘크리트의 pH 저감에 기여를 하는 것을 알 수 있다. 다공성 콘크리트의 pH가 낮을수록 그 효과는 큰 것으로 나타났다.

4. 결론

아직까지 식물생육을 위한 pH 측정 방법에 대해 명확하게 검증된 방법은 없으며, 추후 많은 실험을 통하여 검증되어야 할 것으로 사료된다. 그러나 본 실험을 통하여 잠정적으로 내릴 수 있는 결론은 다음과 같다.

- (1) 다공성 콘크리트의 pH 측정방법 중 페이스트 분쇄의 방법은 부적합하며, 토양산도 측정방법에 따른 물에 담그기 실험은 물붓기 실험과 유사한 결과를 보인다. 따라서 실험상 간편하고 적절한 실험방법은 물붓기 실험인 것으로 사료된다.
- (2) 물붓기 실험은 크기 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 인 마른 공시체에 증류수 60ml를 1회 산포한 후 약 20분 뒤 증류수 60ml를 다시 산포한 후 흘러나온 물의 pH를 측정하는 것으로 한다.
- (3) pH저감을 위해 양생을 할 시에는 흐르는 물에 양생을 하는 것이 가장 좋으나 물의 소비가 많으므로 7일간 수중양생이나 살수양생을 하여주는 것이 바람직한 것으로 사료된다.
- (4) 중화처리의 경우 인산2암모늄 15%용액에 침지하는데 침지시간이 길면 길수록 좋다. 그러나 중화처리에 의해 생긴 막이 깨어지는 경우는 염기의 용출이 많아져 pH가 증가하기 때문에, 적절한 양생이 이루어져 pH가 적절히 떨어진 후 중화처리를 해야 중화처리에 의한 효과가 커질 것으로 사료된다.
- (5) 충전재 용토로써 피트모스를 이용하는 경우 pH 저감에 약간의 효과가 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 日本コンクリート工學協會 ; エココンクリート 特集, 콘크리트工學, vol. 36, No. 3, pp.6~62, 1998.
2. 한천구, 오선교, 김진선, 황정하, 이상태, 김정진, 건물육상 식재용 콘크리트의 개발에 관한 기초적 연구, 한국콘크리트학회 논문집.
3. 안영희, 이택주, 자생식물 대백과, 생명의 나무, 1999.