

물이 스며 흐르는 콘크리트

최 상 흘 (한양대학교 교수, 공학박사)

요즘 서울이나 지방 대도시는 물론 시골에 가도 도로는 온통 아스팔트나 콘크리트로 포장되어 있고, 심지어 불국사의 경내 도로도 콘크리트로 포장되어 있을만큼 우리 생활주변은 흙을 밟고 걷기가 쉽지 않다. 특히 대도시의 경우 중심가는 흙을 보기 힘들 만큼 포장되어 있어 빗물이 땅속으로 침투하지 못하고 하수계통에만 의지하게 되는데 이런 상황은 도시 하수구나 하천의 범람, 지하 수위의 저하 및 고갈, 나아가 지반 변화 등 각종 환경문제의 발생이 우려 된다.

콘크리트 하면 보통 치밀하여 물이 스며들지 않는 것으로 알고 있다. 슬래브 지붕이나 수영장외의 풀에서 물이 샌다는 것은 있을 수 없는 일이다.

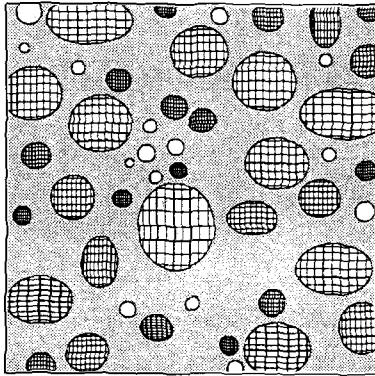
콘크리트는 제5회에서도 기술한대로 시멘트 페이스트 골재 그리고 공극으로 구성되어 있어, 금속재료와 같은 조직이 거의 균일한 재료와는 다르다. 콘크리트에는 아주 미세한 머리카락과 같은 크랙에서부터 눈으로 식별이 가능한 작은 균열 등이 있을 수 있으며 작은 공극 등 공간이 무수히 많아서 이런 것들이 연속적으로 연결되어 있다면 이곳을 통하여 물이 스며들고 흐를 수도 있다. 따라서 물이 스며들지 않는 콘크리트를 만들기 위하여는 아주 치밀한 조직이 되도록 설계하고 배합하고 시공시에도 세심한 주의와 기술이 요한다.

그러나 이와는 반대로 물이 스며들고 투과할 수 있게 만든 콘크리트도 있다. 이런 물이 투과할 수 있는 투수성 (透水性) 콘크리트는 보통의 치밀한 콘크리트와는 반대로 공극을 많이 하고 이 공극이 서로 연결되어 물이 흐를 수 있는 길이 나게끔 만들어 진다.

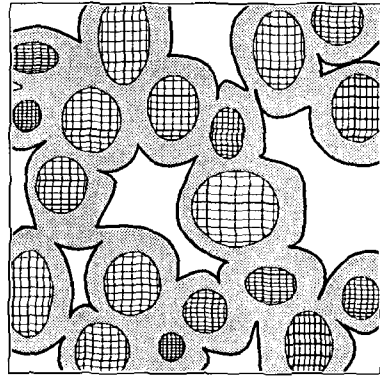
초기의 투수성 콘크리트는 빗물의 침투시설이나 투수성 도로포장 등의 용도로 쓰여졌으나 최근 지구 환경에 대한 관심이 커지면서 생태계 특히 인간의 생활 환경과의 조화를 목적으로 잔디나 식물이 자랄 수 있는 기능을 갖는 녹화 콘크리트, 수질을 깨끗하게 하는 bio filter로서의 기능을 갖는 수질 정화 콘크리트 등의 eco-materials로서도 주목되고 있다.

투수성 콘크리트

투수 콘크리트는 물이 투과할 수 있게 하기 위하여 연속된 공극을 갖는 다공성 콘크리트 (porous concrete) 로 일정 크기의 굵은 골재만 사용하고 모래와 같은 잔골재는 없이 만든 것으로 일명 no-fines concrete라고도 한다. 제한된 크기의 골재 주위를 시멘트 페이스트가 둘러싸고 이것이 골재들을 접착한 것으로 <그림-1>은 그 개념도이다. 시멘트 페이스트의 양은 그것이 골재를 둘러싸고 서로



(보통 콘크리트)



(투수성 콘크리트)

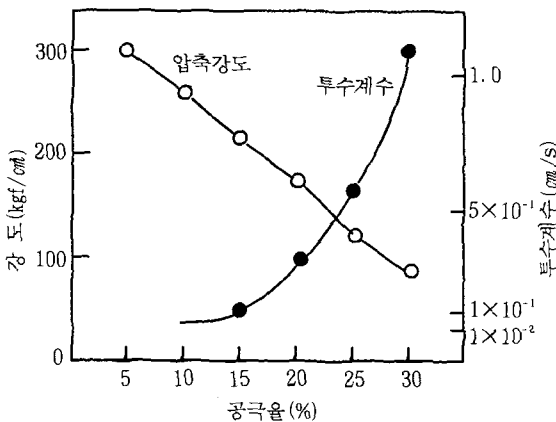
<그림-1> 보통 콘크리트와 투수성 콘크리트의 모식도

결합될 정도의 양($300\sim 400\text{kg}/\text{m}^3$)이면 되고, 물/시멘트 비는 시멘트 페이스트가 흘러내리지 않고 공극을 만들 수 있는 정도($30\sim 40\%$)면 되는데 그 비율은 골재 크기, 시멘트 및 공극율에 따라 달라지므로 실험을 통하여 최적 배합조건을 구하는 것이 좋다. 공극율은 $5\sim 30\%$ 정도로 사용목적에 따라 결정한다. 콘크리트의 강도는 공극율의 증대에 따라 직선적으로 작아지며 반대로 투수성은 공극율의 증대에 따라 증대되는데(<그림-2>) 공극율은 굵은 골재의

입자 크기에 관계함으로 서로 상관관계가 크다. 골재를 둘러싸는 시멘트 페이스트의 점도와 골재 주위를 둘러싸는 두께는 물/시멘트 비의 작은 변동에도 크게 변하므로 콘크리트에 희망하는 투수성과 강도를 유지하기 위하여는 수분관리가 아주 중요하다. <표-1>은 투수성 콘크리트의 물성에이다.

투수 포장(透水 鋪裝)

도시 도로를 하수계통에만 의존하여 표면 배수로만 빗물을 처리할 경우 비오는 날 간혹 물이 고여있는 곳에 차가 지나가면 물이 튀어서 다른 사람의 통



<그림-2> 공극율과 압축강도와의 관계

<표-1> 투수 콘크리트의 물성 예

물 성	물 성 값
압 축 강 도	$50\sim 200\text{kgf}/\text{cm}^2$
꺾 임 강 도	$10\sim 40$
인 장 강 도	$5\sim 25$
탄 성 계 수	$4\sim 20 \times 10^4\text{kgf}/\text{cm}^2$
비 중	$1.6\sim 2.0$
공 극 율	$5\sim 30\%$
투 수 계 수	$1 \times 10^{-3}\sim 2 \times 10^0\text{cm}/\text{s}$

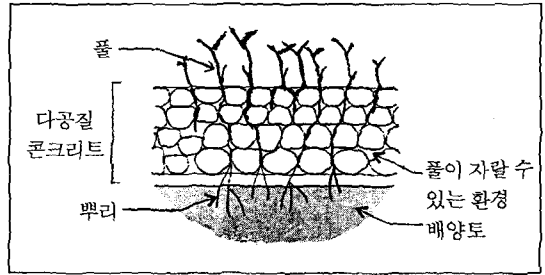
행에 불편을 주기 십상이다. 또, 대도시는 지하수위가 점차 낮아져 도시의 사막화 현상이 나타나고 있다 한다. 고층빌딩이 서고 도로는 포장되어 빗물은 거의 표면 배수로 하수구로 흐르고 강이나 바다로 흘러보내 땅속에는 공급되지 않아 수자원 활용면에서도 그렇다. 이런 경우 투수성 콘크리트로 포장되어 있다면 빗물은 도로 표면에서 스며들며 지하로 침투되어 표면은 말끔한 상태를 유지할 것이며 지하수도 확보되고 가로수도 충분한 수분공급을 받아 환경보존에 한 몫을 할 것이다.

물론 투수성 콘크리트나 투수성 포장 블럭의 경우 그 강도는 일반 포장보다 약하여 차량 통행이 많은 간선도로에는 부적합하다. 그러나 인도나 주차장 그리고 차량 통행이 많지 않은 공원 도로 등에는 권장할 만하다. 한편 표면을 적당히 거칠게 함으로써 미끄러짐을 막을 수도 있을 것이다.

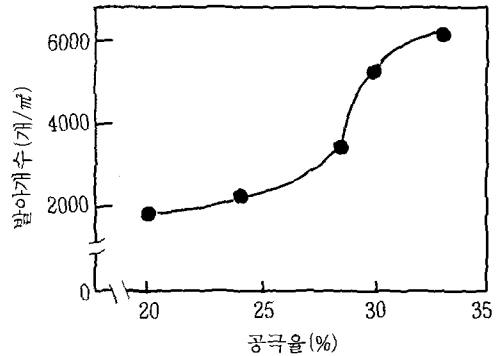
투수성 포장 콘크리트로는 투수 계수값은 0.5~0.005cm/s 재하하중은 1,000~1,500kgf 정도이다. 강도가 크면 콘크리트가 밀하여 공극이 적고 투수성이 적어 강도와 투수성은 상반된 성질을 나타내므로 쓰이는 장소에 따라 적당한 것을 취하고, 표면을 주위와 어울리는 모양과 색으로 한다면 도시 풍경에도 윤치를 줄 것이다. 다만 물이 스며드는 공극이 막힐 경우 배수효과가 떨어질 것이므로 포장표면에 대한 먼지 제거, 흙탕물 제거 등 적당한 관리의 필요하다. 한편 야구장이나 테니스 코트와 같은 운동장에서의 배수시설에는 투수 콘크리트관을 사용할 수 있다. 이때 배수관 주변에는 자갈이나 모래로 땅속의 침투수를 모으고 필터작용을 하게 하여 배수가 흙탕물 상태로 흘러들어가 투수관의 공극이 메어지지 않도록 하여야 한다.

풀이 자라는 콘크리트

푸른 지구환경을 보존하려는 노력에 콘크리트도



〈그림-3〉 풀이 자랄 수 있는 콘크리트의 구조



〈그림-4〉 공극율과 발아 개수와의 관계

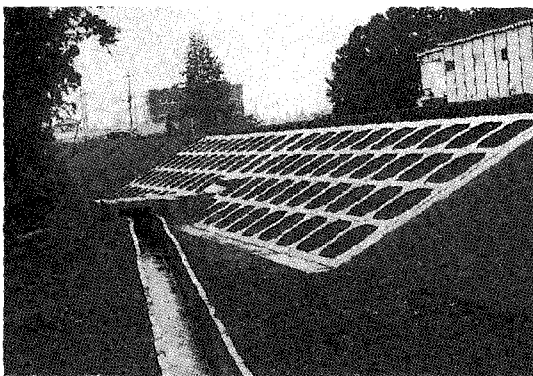
한 몫을 하고 있다. 풀이 자랄 수 있는 콘크리트는 다공성 투수 콘크리트의 공극에 배양토와 비료 그리고 잔디 종자 등을 혼합한 특수재료를 충전시킨 것으로 지면에 푸르름을 주는 효과와 지온조절 효과 등 환경 친화적인 면을 갖추고 있고 또 하천 호안 및 경사 지면의 안정을 주는 시공효과도 있다.

이 콘크리트는 식물의 뿌리가 자라서 뺏어 나가기 위한 연속적인 공간이 존재하여야 한다. 〈그림-3〉은 풀이 자랄 수 있는 공간의 구조를 보인 것으로, 공극율은 30% 이상 압축강도는 150kgf/cm² 정도를 가져야 한다. 〈그림-4〉는 공극율과 잔디의 발아(發芽) 수의 관계를 보인 것이다. 이밖에도 콘크리트 중의 알칼리의 용출을 저감시키기 위한 혼화제의 활용이라든가 저알칼리 시멘트의 사용비율 성분의 유

실을 막을 수 있도록 그리고 보수성 확보 등을 위하여 적당한 첨가물을 활용하고 있다. 풀 뿌리가 자라 흠에 도달하면 풀은 계속 자라게 되며 또 투수성이 있으므로 빗물은 땅속으로 침투된다. <그림-5>는 그 시공예다.

수질 정화(水質 淨化)

투수 콘크리트는 다공체로 표면적이 크므로 그 표면에 식물이나 미생물을 번식시켜 하천이나 호수 또는 바닷물의 수질을 정화할 수 있다. 본래 자연의 하천이나 호수 및 바닷물에는 여러가지의 미생물이

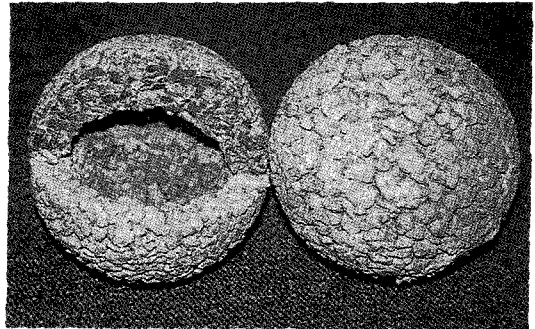


(시공한지 1개월 뒤)



(시공한지 3개월 뒤)

<그림-5> 풀이 자라는 콘크리트 시공 모습



<그림-6> 다공성 콘크리트 볼

서식하여 그들의 활동으로 인간의 생활활동에서 배출되는 폐수를 자정(自淨)할 수 있는 능력을 갖추고 있었다. 그러나 근래에 와서 매립이나 호안공사 등으로 그 기능은 잃어가고 있으며, 한편 생활 활동의 증대는 오염된 폐수를 증가시켜가고 있어 수질오염은 날로 늘어나 자연의 자정능력은 한계에 도달하였다.

따라서 투수 콘크리트를 이용하여 호기성(好氣性) 또는 혐기성(嫌氣性) 미생물의 서식환경을 조성하여 오염물질의 분해 또는 미생물이나 해조류에 의한 질소, 인 등의 흡수에 의한 수질의 정화가 시도되고 있다. 즉 일종의 bio-filter라고 할 수 있다.

<그림-6>은 다공질 콘크리트로 만든 속이 빈 볼로 표면 외면은 호기성 환경, 속의 내벽은 혐기성 환경으로 한 것으로 이것을 폭 2m, 길이 1m, 높이 0.3m의 정수시설에 쌓아서 BOD, COD의 제거율을 측정된 결과 유입수의 농도가 커짐에 따라 제거율이 증대하여 60mg/l에서 85%의 제거율을 보였으며, 질소 및 인의 제거에는 6mg/l에서 각각 50% 및 75%의 제거율을 보였다. 오늘날 투수성 콘크리트와 같은 다공성 콘크리트에 대한 관심은 환경문제와도 관련되어 급속히 높아지고 있으며, 이와 같은 투수성 콘크리트 외에도 CO₂의 흡착재, 흡음(吸音)재 등 새로운 응용분야가 늘어나고 있다. A