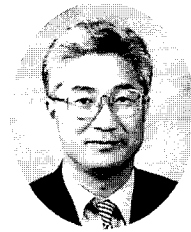


특집 II

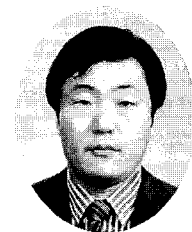
환경친화 콘크리트

환경친화 콘크리트의 현황

- A Review of Environment Conscious Concrete -



이승한*



김은겸**

1. 서론

콘크리트는 사회 기반 시설인 도로, 철도, 항만, 상하수도 등의 토목 구조물과 건축 구조물에 사용되어 경제와 문화 발전에 크게 공헌하여 왔다. 그러나 이들 콘크리트는 기능을 추구하는 데 그쳐 산림과 자연을 파괴하고 동식물의 서식을 방해하여 환경 문제에 있어서 부정적으로 인식되고 있다. 또한 산업화와 자동차의 증가는 대기 오염과 수질 오염 및 소음 공해를 증가시키고 있어 현대 사회의 중요 해결 과제로 대두되고 있다.

이를 해결하기 위하여 최근 콘크리트를 다공질화하여 공극 특성에 따라 흡음, 투수, 식생, 수질 정화 등에 이용하고 있으며 지구 온난화의 주 요인인 CO₂ 가스 배출 억제책으로 시멘트 제조시 환경 부하를 저감시키기 위해 소각재와 하수 오니 사용, 플라이 애쉬,

슬래그 치환 및 폐콘크리트의 재활용 등이 활발히 연구 개발^{1,2)}되고 있다.

따라서 본고에서는 환경친화 콘크리트의 개념과 분류를 하고 환경 부하 저감 콘크리트로 자원을 유효 이용한 콘크리트와 투수 및 흡음용으로 이용되는 포러스 콘크리트를 소개한다. 아울러 생물 대응 에코 콘크리트로서 식생 콘크리트와 수질 정화 콘크리트의 현황에 관하여 기술한다.

2. 환경친화 콘크리트의 개념과 분류

환경친화 콘크리트(Environment Conscious Concrete/Eco-concrete)는 지구 환경에의 부하 저감에 기여함과 동시에 생태계와의 조화 또는 공생을 기할 수 있어 쾌적한 환경을 창조하는 데 유용한 콘크리트를 말한다. 에코 콘크리트의 분류와 용도는 <그림 1>과 같으며 사용 목적에 따라 환경 부하 저감형과 생물 대응형으로 분류³⁾된다.

* 정희원, 계명대학교 토목공학과 교수

** 정희원, 서울산업대학교 토목공학과 교수

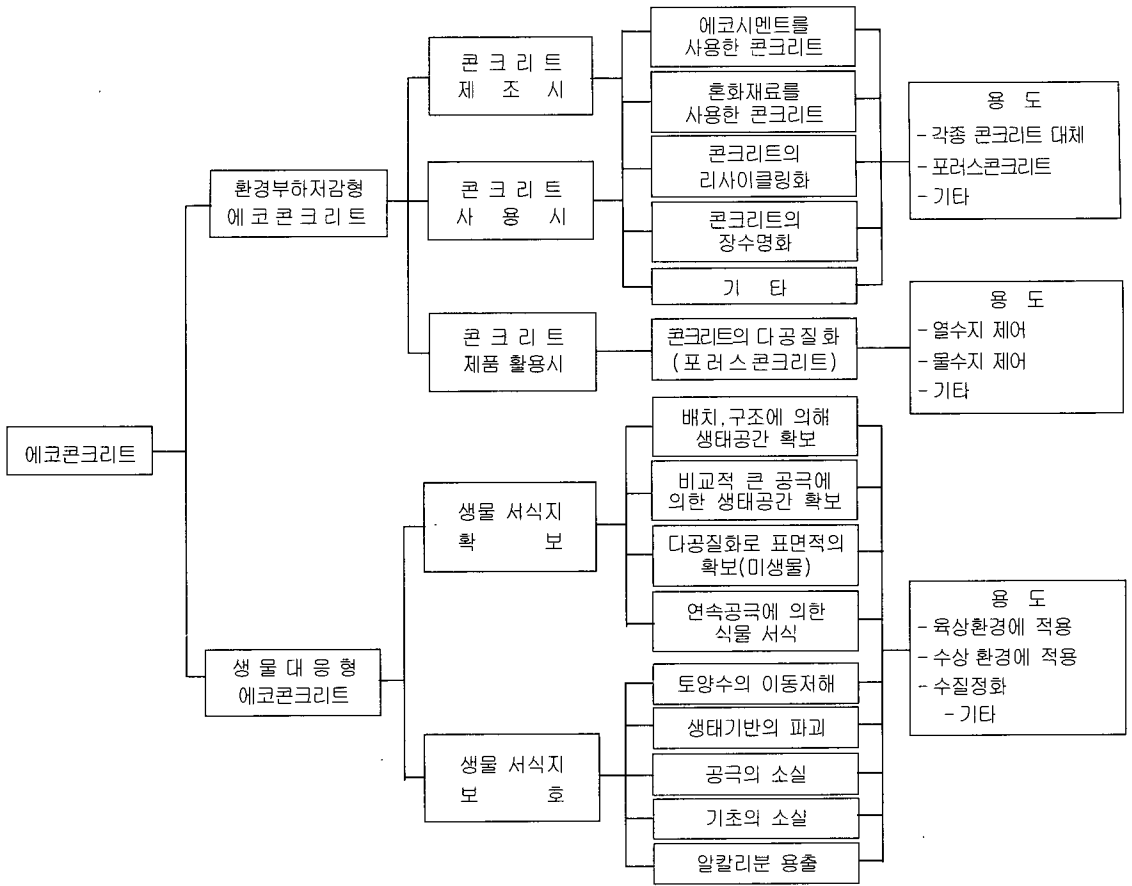


그림 1. 에코 콘크리트의 분류와 용도

이 그림에서 환경 부하 저감 에코 콘크리트는 지구 환경에 부하를 저감시킬 수 있는 콘크리트를 말하며 콘크리트 제조시 CO₂ 가스를 줄이기 위하여 도시 폐기물 소각재와 하수 오니 등을 사용한 에코 시멘트, 플라이 애쉬와 슬래그 미분말 등의 혼화 재료 사용될 수 있다.

콘크리트는 장기간 사용할 수 있어 환경 부하가 작은 장점을 가지고 있지만, 내구 연한이 작을 경우 그 철거시 폐기에 있어서 환경 부하가 크게 되는 단점을 가지고 있어 콘크리트의 장수명화를 기하여 환경 부하를 저감⁴⁾시킬 수 있다. 콘크리트 구조물의 장기간 사용은 시멘트 제조시 CO₂와 에너지량의 감소, 골재 자원, 폐콘크리트의 처분 문제, 재건설시 필요한 자원 등의 경감에 유효하다. 따라서 콘크리트의 리사이클링화는 재자원화를 통하여 자원 사용량 및 자원 채취 정제 가공 및 사용시에 필요한 에너지량과 지구 환경에

주는 부하가 작은 콘크리트⁵⁾를 만들 수 있다.

또한 콘크리트 제품 활용시 환경 부하를 저감시킨 콘크리트로는 열 수지와 물 수지를 제어하는 다공질 콘크리트를 들 수 있다.

한편 생물 대응 에코 콘크리트는 생태계와의 조화 또는 공생을 기할 수 있는 콘크리트로 생물의 서식 장소를 제공하는 콘크리트⁶⁾와 생물의 서식지를 확보하는 콘크리트로 크게 분류된다.

이들 콘크리트는 자연의 순환과 생물에의 배려, 경관에의 배려 등 콘크리트 재료면에서 특성 부가와 콘크리트 사용 방법과 구조 형식 선정시 배려가 필수 불가결하다.

3. 환경 부하 저감 콘크리트

환경 부하 저감 에코 콘크리트로 자원을 유효 이용

한 콘크리트, 흡음 및 투수 콘크리트의 현황은 다음과 같다.

3.1 자원의 유효 이용과 콘크리트

시멘트의 생산과 콘크리트의 대량 이용은 자원과 에너지 소비, 대기 오염, 수질 오염, 폐기물 발생 등의 환경 부하를 가져오고 있다. 이에 환경 부하 저감에 기여하고 지구 환경과의 조화를 이루어 쾌적한 환경을 창조하는 시멘트의 제조, 콘크리트의 개발과 사용이 필요하다.

시멘트 제조는 시멘트 1톤당 중유 100 l, 전력 120 Kwh의 많은 에너지가 소비되며 지구 온난화의 주요인 CO₂ 가스를 870 Kg 배출한다는 보고⁷⁾도 있어 대기 오염의 환경 부하가 높다고 할 수 있다. 이에 CO₂ 가스 배출을 줄이기 위한 예코 콘크리트로는 도시 쓰레기 소각재, 하수 슬러지, 산업 폐기물을 원재료로 하여 제조한 시멘트를 말한다.

혼화재를 사용한 예코 콘크리트는 플라이 애쉬, 고로 슬래그 등의 산업 부산물을 혼화재 및 시멘트의 혼합재로 사용하여 폐기물 처분과 에너지의 유효 이용 및 CO₂ 배출량의 억제를 가져오고 있다.

또한 콘크리트 구조물 철거시 발생하는 폐콘크리트는 도로용 노반재, 콘크리트용 재생 골재 등으로 재활용되어지고 있다.

한편 리사이클 콘크리트는 사용이 끝난 콘크리트를 파쇄하여 주로 골재로 재생 사용한 콘크리트, 결합재, 혼화재 및 골재가 시멘트의 원료로 되고, 경화 후 재사용한 것, 시멘트 원료 및 재생 골재로서 사용 가능하다고 제안된 콘크리트⁸⁾ 등이 있다. 폐기물 처분지, 골재 자원, 석회석 자원, CO₂ 배출 등의 여러 문제의 해결 효과가 있다.

3.2 흡음 콘크리트

흡음은 음파를 흡수하여 음파의 파동 에너지를 감소시키는 것으로서 매질 입자의 운동 에너지가 재료에 진동 등을 유발시켜 열 에너지로 전환되는

것⁹⁾을 말한다.

〈그림 2〉는 흡음의 원리를 나타낸 것으로서 소리가 다공질 내로 들어가 마찰과 진동 에너지로 전환되어 소멸되는 것을 나타내고 있다.

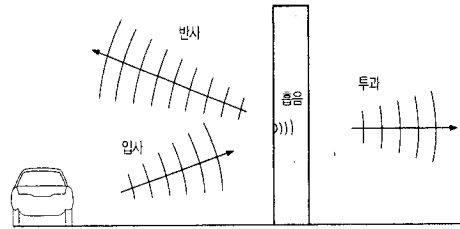


그림 2 흡음의 원리

또한 다공질의 공극경이 큰 경우와 내부에 공간을 설치하면 음과 음이 완충되어 소멸된다. 따라서 소음 주파수에 따라 골재와 결합재의 성질 및 부재 두께 배열 등을 고려하면 흡음 특성을 향상시킬 수 있다. 또한, 콘크리트를 다공질화하여 콘크리트에 자체로 투수성, 흡음성, 수질 정화, 식재, 열수지 제어 등 환경 부하 기능을 갖춘 포러스 콘크리트가 실용화¹⁰⁾되어 있다.

이 중 흡음 콘크리트는 콘크리트 내에 연속 공극으로 음파가 공극 내로 침입했을 때 주위 벽과의 마찰이나 점성 저항 및 소섬유의 진동 등에 의해 음 에너지가 열 에너지로 소비되는 원리를 이용한 것으로 연속 공극의 형성이 흡음률을 높이는 주요 요인이라 할 수 있다.

콘크리트의 연속 공극 형성은 제조 방법에 따라 조골재의 점조, 기포재 사용, 다공성 골재 사용, 기타 제조 방법 등¹¹⁾으로 구분할 수 있으며 이들 흡음재의 성능 비교는 다음 〈표 1〉과 같다.

〈그림 3〉은 기존 흡음 재료인 유리 섬유와 연속 기포 콘크리트, 다공질 경석 점조 흡음재의 흡음 특성을 나타내었다.

표 1. 흡음재의 성능 비교표

항 목	재 질	비 중	강 도	연속 공극률	평균 흡음률	내열성	내구성
연속 기포 콘크리트	기포재 시멘트 페이스트	0.28~0.4	15~20kg/cm ²	35~45%	0.65~0.85	불연성	양호
유리 섬유질	유리 용융 SiO ₂ 무기질	-	-	-	0.75~0.80	불연성 및 열에 약함.	양호

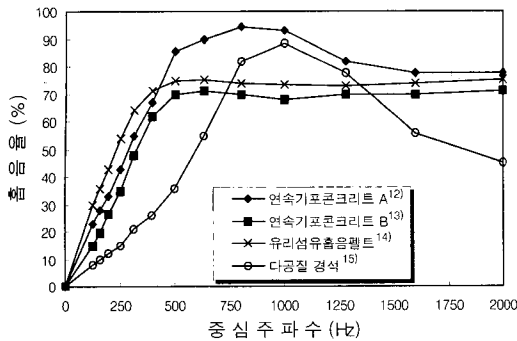


그림 3. 주파수별 흡음 특성(공시체 두께 = 5cm)

환경부의 방음 시설 성능 기준에 따르면 흡음형 방음판의 경우 흡음률은 시공 직전 완제품 상태에서 250, 500, 1,000 및 2,000 Hz의 음에 대한 흡음률의 평균이 70% 이상인 것을 표준으로 하고 있다. <그림 3>에서 기존 흡음 재료인 유리 섬유와 연속 기포 콘크리트의 평균 흡음률(NRC)은 70% 이상을 나타내고 있으나 다공성 골재인 경석 점조는 흡음률 약 50%로 저조하게 나타나 있어 연속 공극률 증진이 과제로 사료된다.

한편 유리 섬유의 경우는 열에 약하며 인체에 유해하여 최근 강제형의 연속 기포 콘크리트를 이용한 흡음재의 연구가 진행되고 있는 실정이다. 그러나, 연속 기포 콘크리트는 강도 및 내구성이 미흡하며 앞으로 지속적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

3.3 투수 콘크리트

일반 콘크리트는 물과 공기가 통과하기 어려운 치밀한 것이 요구되며 특히, 수조와 풀 등 물을 저장하기 위한 목적의 콘크리트 구조물에서는 수밀성이 요구된다. 이와 같이 통상의 콘크리트와는 달리 다공질 콘크리트의 제조 방법을 응용하여 물을 통과하기 쉽게 만든 것이 투수 콘크리트이다.

포러스 콘크리트는 조골재에 시멘트 풀 또는 모르타르를 점조하여 부착시킨 것으로 연속 공극과 독립 공극을 많이 내포하고 있으며 공극 특성에 따라서 콘크리트의 특성은 크게 다르며, 여기서는 연속 공극을 다량 함유한 콘크리트에 대해서 다룬다.

이 때문에 투수성이 있고 흡음성을 가지며 수질 정화 기능이 있고, 식재가 되고, 열 특성이 일반 콘크리

트와 달라 환경 부하 저감을 위해 많이 이용될 수 있다.

또한, 콘크리트를 다공질화하여 콘크리트에 자체로 투수성, 흡음성, 수질 정화, 식재, 열 수지 제어 등 환경 부하 기능을 갖춘 포러스 콘크리트가 실용화¹⁶⁾되어 있으며 이들 콘크리트의 사용 목적과 평가 물성을 <표 2>에 나타내었다.

표 2. 사용 목적과 평가 물성 항목

사용 목적	용 도	평가 물성
물의 제어	우수의 지하 침투 저유재료	압축 강도 투수 계수 연속 공극률
수질 정화	폐쇄성 수역 등의 해수 정화 재료	압축 강도 투수 계수 연속 공극률
흡음·방음	도로 등의 흡음재	압축 강도 연속 공극률
식 생	녹화 공법의 하나로서 직접적 식재가 가능한 재료	압축 강도 연속 공극률

이 표에서 투수 콘크리트는 전공극률이 5~25% 정도이고 투수 계수가 약 0.01~0.001 정도로 투수 포장에 주로 사용된다.

다음 <그림 4>는 투수 콘크리트를 나타낸 것이다.

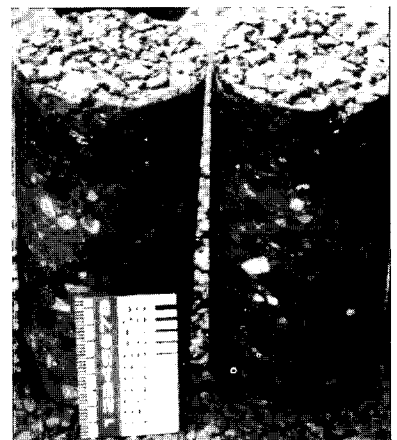


그림 4. 투수 콘크리트

비가 내리는 날에 투수성 포장은 일반 포장에 비해 물이 고이지 않고 지반에 침투하여 지하 수위의 저하를 막을 수 있어 토양의 사막화를 방지하는 데 효과적이라 할 수 있다.