

순환형 사회구축을 위한 환경친화 콘크리트 기술의 현황과 전망

- The Present State and Future Views
of Environmentally Friendly Concrete for Circulating Society -



박승범*
Park, Seung Bum

1. 머리말

최근, 지구규모의 환경파괴가 급격하게 진행되고 있고, 지구에 서식하는 5,000만 종의 생물 중 매년 0.3%가 멸종하고 있는 실정으로 이 상태가 지속되면 21세기 인류의 생존에 큰 영향을 줄 것으로 예측되고 있으며, 2002년 미국 듀크 대학과 미주리 식물원의 보고에 의하면 지구상의 식물종 약 43만종 중 20 ~ 50%가 멸종의 위기에 직면한 것으로 보고되고 있다.

1992년 6월 브라질의 리오데자네이로에서 개최된 국제 연합 (UN)환경회의에서 생물다양성조약이 157개국에 의하여 서명, 1993년 12월에 발효되었다. 이 조약을 비준한 나라는 생물종의 보전 및 유전자원과 서식지를 보호하고 풍성한 생태계를 보전·유지할 책임이 발생하게 되었고, 현재 OECD 회원국이면서 세계 10위의 온실가스 배출국인 우리나라는 기후변화 협약의 2차 이행 기간에 대한 논의가 시작되는 2005년까지 국내입장을 준비하여야 하는 실정으로 자연생태계 및 환경보전·복원 시스템구축을 위한 환경부하 저감과 환경보전·복원용 새로운 Eco-Material로서 생물공생과 생식기반은 물론 수질정화, 흡음성능 등 환경수복·창조기능을 보유한 고기능 환경친화형 포러스 콘크리트의 개발·응용이 국내·외적으로 크게 관심을 불러일으키고 있다.

특히 20세기 중반이후로 시멘트, 콘크리트는 인프라정비와 각종 건설 구조물에 사용되어 경제와 문화발전에 큰 공헌을 하고 있으나 반면에 산림의 훼손이나 하천주변의 자연을 파괴하고 동식물의 서식을 저해하는 요인으로 작용하고 있다. 또한 자원의 낭비와 자연의 파괴를 가속시켜 콘크리트의 이미지를 크게 저하시키는 물론 지구환경을 위해서는 반드시 황폐화된 환경을 회

복·창조하는 방향으로 눈을 돌려야할 필요가 있다.

21세기에 콘크리트 산업의 지속적인 발전을 도모하기 위해서는 환경을 배려한 다음과 같은 환경친화형 재료로서의 개념이 필요하다.

- ① 환경부하 저감형 재료
- ② 인류와 생물의 조화를 이루고 새로운 관계를 창조하는 환경친화형, 생물공생형 재료
- ③ 인류의 활동범위를 넓히고 활동환경을 확장하는 프론티어링 재료
- ④ 활동범위 중에서 생활환경을 풍부하게 하는 재료
- ⑤ 자원순환형 사회의 구축을 배려한 리사이클성 재료

이상의 개념을 포괄하는 재료로서 물과 공기를 자유롭게 통하게 하고 연속공극을 갖는 친환경 포러스 콘크리트가 최근 국내·외적으로 주목되고 있다. 본고에서는 필자가 다년간 이 분야에 대한 국내·외 연구활동과 일본 JCI의 포러스 콘크리트 설계·시공법의 확립에 관한 연구위원회활동을 통한 자료를 참고로 일본 및 미국, 유럽 등에서의 기술현황 등을 위주로 장래전망 등에 대하여 간단히 소개하고자 한다.

2. 해외의 연구동향 및 기술현황

2.1 역사적 배경

포러스 콘크리트에 관한 해외의 연구와 시공실적은 오래 전부터 수행되어 왔고, 1976년 CANMET의 V.M.Malholtra에 의하면 1852년 영국에서 가옥건축 시 잔골재의 입수가 곤란한 상

* 정회원, 충남대학교 토목공학과 교수

황하에 잔골재를 제외한 콘크리트(No-Fines Concrete)를 처음 사용, 개발되었다. 그 후 1950년에는 주거용건축 벽체의 프리캐스트부재로써 이용하는 것으로 개발되었다. 또한, 북유럽의 노르웨이와 스웨덴 등의 한랭지에서는, 독립공극이 많은 경량골재를 사용하여 열전도율을 저하시킨 건축용벽재로 사용되었다. 하지만 포러스 콘크리트는 일반 콘크리트와 비교하여 낮은 강도특성으로, 건축의 칸막이재 정도로 밖에 사용되지 않았다. 이 기술은 자원·에너지의 관점에서도 유효하여 북미의 캐나다로 전해졌고 1973년에 CANMET에서, No-Fine Concrete에 관한 기준이 제정되었다.

2.2 미국, 구라파, 기타 지역

미국의 포러스 콘크리트(일부 잔골재가 혼입되어 있음)의 연구는, 1956년 G.W.Washa가 Cellular or foam concrete로, 또는 No-Fines or Popcorn Concrete로 부르며, 경량골재를 사용하여 포러스 콘크리트를 응용한 단열성과 투수성을 더욱 보강한 콘크리트의 연구가 진행되었고, 이후 보통 콘크리트와 포러스 콘크리트의 배합방법과 투수성을 목적으로 필요한 공극률, 적절한 물-시멘트비의 범위, 보도용 콘크리트와 주차장용 콘크리트에 관하여 꾸준히 연구되어 왔다. 1995년 South Illinois 대학의 Nader Ghafoori는 단위시멘트량을 작게하여 만든 NFC를 포장재로써 사용하는 방법에 대하여 연구하였다.

단입도 골재로 구성된 No-Fine Concrete는 다공질로써 단열성과 투수성이 뛰어나 보통 콘크리트에 비하여 여러 가지의 이점을 가지며, 그러한 성질과 상태로부터 각종 건축의 내력벽, 옹벽, 투수상판시스템용 자재로써 적용개발이 진행되었다.

그 밖에 지역에서 남아프리카 Capetown 대학의 Mark G. Alexander는 No-Fines Concrete를 투수노반시스템으로 이용하여 연수를 몇 년간 통과시켜 투수노반 시스템의 상황을 보고하였다. 이 결과 칼슘질의 진흙상태의 물에 의해 구멍이 막히고, 그것을 방지하기 위한 투수 파이프를 부설할 것을 제안했다. 2000년에는 A.Beeldens.D.Van Gemert 등에 의하여, 포러스 콘크리트에 폴리머를 혼입하여 고속도로의 표층부에 사용하고, 투수성과 소음저감의 성질을 보유하는 재료로써 이용할 수 있다는 것을 제안하였고, 1987년, 독일, 네덜란드, 벨기에, 프랑스 등이 저소음포장재의 이용을 목적으로 프로젝트를 결성하여 1992 ~ 1996년, 네덜란드와 벨기에에서 시험포장 되었고, 그것의 결과를 근거로 하여 포러스 콘크리트에 폴리머-에멀션을 첨가하여, 투수성포장용 콘크리트로써 보도뿐만 아니라 차도에도 사용되기 시작했다.

이와 같이 미국, 구라파 등에 있어 포러스 콘크리트에 관한 연구는 제조법부터 강도, 내구성, 투수성 등의 각종 물성에 관한 것이고, 그것의 이용형태는 건축물의 내력벽재, 단열벽, 주차장

및 도로의 포장재 및 흡음성에 있어 차음벽재로써 적용되었고, 이용형태는 모두 환경부하 저감재료로써 이용되고 있다. 한편, 우리나라는 최근 일부 연구자들에 의하여 호안식생 및 배수포장용 등에 대한 개발연구가 수행된바있고 부분적인 현장적용이 진행되는 실정이다.

2.3 일본

일본에서의 포러스 콘크리트에 관한 본격적인 연구는 JCI에 에코콘크리트연구위원회 설치를 계기로 1995년 1월 위원회보고서와 심포지엄 논문집 및 2001년 4월 선단건설기술센터편 「포러스콘크리트 하천호안공법의 지침」의 제정과 2002년 5월과 2003년 5월의 2차에 걸친 포러스 콘크리트의 설계·시공법의 최근의 적용례에 관한 심포지엄 논문집과 연구위원회 보고서의 출간 등 활발한 연구활동을 수행하여 약 420여 편의 연구논문과 포러스 콘크리트의 설계로부터 시공에 이르기까지의 가이드라인을 위한 연구들이 수행되었다.

현장적용도 활발하여 동식물 등의 생물대응형 재료로서 뿐만 아니라 환경부하저감형 재료로써 하천호안의 녹화, 도로 및 주차장포장, 방음벽, 수질정화용시설 건물 및 옥상의 녹화용시설 및 해양 구조물에 이르기까지 다양하게 응용되고 있는 실정이다.

특히 일본건설성을 중심으로 이미 환경친화 콘크리트를 이용한 하천호안공법이 전국에서 300개 소 이상 시험시공 시행된 바 있고, 현재는 전국적인 규모로 그 용도가 확대되고 있으며, 해양해역의 황폐화방지 및 수산자원의 생태환경조성을 위한 어장조성용 시설로도 응용되고 있으며, 포러스 콘크리트의 내·외부표면에 부착된 미생물에 의한 하천, 호안 및 담수호 등의 수질정화용 블록으로 적용되고 있다. 환경부하 저감형 재료로는 배수성 포장재, 흡음벽 등에 적용되고 있고, 유해가스 흡수재, 습도 조절재 등으로 개발이 진행되고 있다.

3. 앞으로의 전망

건설산업의 발전에 수반하여 자원순환형 친환경 사회의 구축이 국가적 관심대로 대두되고 지구환경을 배려한 환경부하저감의 필요성이 점차 증대되고 있다. 이러한 필요성에 발맞춰 환경친화 콘크리트인 포러스 콘크리트가 공헌할 수 있는 가능성과 앞으로의 전망에 대하여 기술하고자 한다.

3.1 기존의 콘크리트와 포러스 콘크리트

콘크리트는 강도 등의 안전성능, 내구성능, 경제성 등이 뛰어나기 때문에 건설재료로서 다량으로 사용되었다. 다시 말해, 오늘날 자연과 인간사회에서의 환경부하를 저감하고, 사람들의 삶

의 질을 향상시키는 관점으로 이들을 만족시키며 환경성 또는 환경조화성이라 할 수 있는 성능이 요구되고 있다. 종래의 콘크리트는, 그 환경조화성에 있어서는 생물과 사람들의 물리적·화학적 악영향으로부터의 보호, 지중 구조물에의 적용, 경관과 미관을 배려한 경우 등을 제외하고 일반적인 사용방법으로는 뛰어나지 않는 것이 지적되고 있다. 예로써, 물, 열, 음, 화학물질 등으로부터의 인류생활의 보호측면에서는 뛰어난 면이 있지만, 생물과의 공생이나 물순환, 열수지, 소음저감 등 환경과의 조화는 반드시 좋다고는 할 수 없다. 포러스 콘크리트는 일반적으로 강도와 내구성이 일반 콘크리트에 비하여 낮고 경제성이 다소 불리하지만, 생물과의 공생면에서 뛰어나고, 주변환경과의 조화성에서도 뛰어나다. 또한, 포러스 콘크리트를 구조물의 전부와 일부분에 사용하여 환경조화형 구조물과 생물공생형 구조물로서의 모색이 가능하고 하천호안, 건축물, 주차장, 옥상, 벽면 등의 식재기반과 도로포장, 수질정화 기능의 수변 구조물 등으로서의 발전이 한층 기대된다.

3.2 포러스 콘크리트의 성능향상과 적용범위의 확대

포러스 콘크리트는 일반적으로 강도가 낮고 내구성에 문제가 있다는 지적을 받고 있으며, 강도에 관해서는 포러스 콘크리트의 강도를 고려하여 사용하게 되면 어느 정도 해결이 가능하다. 예로써, 공극률이 10% 정도에서는 30 N/mm² 정도가 발현되는 경우도 있다. 그리고 식재기반으로는 공극률 18~30% 정도에서 10~20 N/mm² 정도로 발현되나 일반적으로 적용범위가 상당하다고 할 수 있다. 또한, 공극률이 큰 포러스 콘크리트의 고강도화에 관련해서는 이후의 연구개발이 기대되고 있는 실정이다.

내구성에 관련해서 사용환경과 열화요인에 따른 평가방법과 평

가기준을 확립해야할 필요가 있다고 생각되며, 또한 앞으로 포러스 콘크리트의 적용범위를 확대해 가기 위해서는 포러스 콘크리트를 사용하는 경우의 기본적인 사고방법 즉, 복합구조화, 구조부재료로서의 이용, 유지관리를 도입한 라이프사이클 설계의 도입, 환경 부하저감효과의 평가법의 개발 등이 필요하다고 생각된다. 또한, 포러스 콘크리트의 특성을 적절히 평가할 수 있는 시험방법과 그러한 특성을 이용한 구조물 등의 설계법 확립이 요망되고 있다. 포러스 콘크리트의 최대의 특징은 많은 연속공극이 있다는 것이고 제조·시공에 있어서도 이 공극특성을 경제적으로 유지관리하고 소요의 품질성능을 확보하는 기술의 개발이 필요하다고 생각된다.

앞으로, 포러스 콘크리트의 사용확대, 경제성·신뢰성을 확보하기 위해서는 강도와 공극특성 등의 편차를 작게 하는 기술의 개발이 필요하다.

4. 맺음말

이와 같이 콘크리트 이용형태의 주요 방향은 자연환경의 회복과 창조재료로서 이용이라 할 수 있는데, 이러한 기술은 다양한 생물종이 매년 가속도로 멸종되고 있는 상황에 이르러 환경친화 콘크리트도 제조방법과 이용형태의 기술개발을 통하여 자연환경 분야로의 적용이 가능하게 되었다. 인류가 살아가고 있는 21세기는 바로 환경수복과 창조의 시대이며, 황폐화되고 있는 지구환경을 회복하고 자연환경을 보전, 유지하는 재료의 일환으로 순환형 사회구축을 위한 환경친화 콘크리트 기술이 사용되어 인류의 지속가능한 발전에 공헌할 수 있는 방법으로서의 전개가 추진되기를 기대한다. □

원고 모집 안내

「한국콘크리트학회지」는 콘크리트 관련 학문과 기술에 대한 정보를 제공하기 위해 발행되고 있습니다. 본 학회지를 통해서 자신의 연구 결과, 경험한 사례 등을 콘크리트 관련 기술자들과 함께 나누길 원하시는 분께서는 다음과 같은 형태로 참여하실 수 있습니다. 여러분의 옥고를 기다리겠습니다.

- 원고 주제 : 포토에세이(사진, 서예, 시 등), 기술기사, 공사기사, 문헌기사, 해외번역기사, 해외연구소 소개, 국제학술대회 참가기, 현장탐방, 수필, 논단, 우리 회사 소개 등
- 원고 분량 : 4매 ~ 6매 내외(A4용지 기준)
- 제출 내용 : 명함 또는 반명함판 사진, 출력된 원본 및 원본을 담은 디스켓
- 제출처 : (135-703) 서울시 강남구 역삼동 635-4 한국과학기술회관 신관 807호 한국콘크리트학회 「콘크리트학회지」 담당자

TEL : (02)568-5985~7 FAX : (02)568-1918 E-mail : pjy@kci.or.kr