



# 환경친화성 콘크리트의 이용전망

소 양 섭 (전북대학교 공과대학 건축공학과 교수)

## 1. 서 론

시멘트·콘크리트가 현대 건축문화의 발전을 이룩하는데 대단히 많은 기여를 해 왔을 뿐만 아니라 미래 인류사회에서도 없어서는 안될 중요한 건설재료라고 하는 것은 틀림이 없다. 시멘트·콘크리트는 압축강도가 타재료에 비하여 매우 높아 주로 압축응력을 부담하고 이러한 압축응력을 크게 하기 위해 고강도의 콘크리트 생산을 위한 연구개발이 활발하다. 콘크리트를 고강도화하기 위한 방안은 무엇보다도 포함되어 있는 공극을 최소화하는 것이 가장 중요하다. 따라서 콘크리트의 투기·투수성이 최소화될 때 고강도 및 고내구성의 콘크리트가 된다.

그러나 이러한 고강도 및 고내구성만을 고려한 불투수·불투기 콘크리트의 이용 개념은 도시 지하수의 고갈이라고 하는 도시환경에 매우 큰 악영향을 초래하게 되었다. 도시의 도로포장은 아스팔트나 콘크리트로 그 포장률이 매우 높아져 가고 있고 연중 강수량은 하수도를 통하여 도심지와 멀리 떨어져 있는 강과 바다로 흘러 가버리고 도심지의 지하수로 남는 양은 매우 적다. 결국 투수·투기성이 적은 콘크리트나 아스팔트가 도로와 인도의 무차별한 포장이나 하천의 호안공사에 사용됨으로서 지구환경을 악화시키는 결과를 가져오게 되었다.

다가오는 21세기는 환경문제해결이 주가되는 세계가 될 것이라는 것은 누구나 잘 인식하고 있다. 1992년 6월 브라질 리우데자네이로에서 환경과 개발에 대한 국제회의를 개최하여 지구 온난화 방지 및 지구환경과 개발의 문제를 폭넓게 협의하였고, 1997년 12월에는 일본 교토에서 지구온난화 방지에 대한 국제회의를 열고 오는 2010년에 지구온난화가 스 배출량을 1990년 수준으로 되돌리기로 결정하였다. 이와같이 개발에 의한 지구온난화가 심각하게 지구환경문제를 야기시키고 있어 국제적인 문제로까지 대두되고 있어 국내에서도 OECD 가입국으로서 개발과 지구온난화 문제를 본격적으로 다루어야 할 것으로 생각된다. 따라서 모든 분야의 생산활동이나 생활환경은 환경친화성 생산이 되지 않을 경우 하나 밖에 없는 지구상에 더이상 우리의 삶을 영위할 수 없게 될 것이다. 콘크리트의 생산도 고강도 및 고내구성을 유지하면서 환경친화성 재료로의 생산을 위한 연구 개발이 시급하다고 할 수 있다.

이러한 환경친화성 콘크리트의 개발분야는 투기·투수성이 높아 지하수위를 높힐 수 있는 투수 콘크리트, 식물이 잘 자랄수 있는 식생형(植生型) 콘크리트, 흡음성이 높아 방음 및 차음 역할이 기대되는 흡음성 콘크리트, 해양생물이 서식할 수 있는 어초로서 이용가능한 포러스 콘크리트, 산업 부산물 및



건설 폐기물의 재(再)이용 기술에 의한 리사이클 콘크리트 등이며, 이들의 연구개발 및 활용은 날로 심각해지고 있는 지구환경문제를 해결하는데 큰 역할을 담당할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 환경문제와 콘크리트

### 가. 지구환경문제와 콘크리트

환경문제는 크게 지역환경문제와 지구환경문제로 나누어 생각할 수 있고 지역환경문제는 소음, 진동, 악취 등이며, 지구환경문제는 대기오염, 수질오염, 토양오염 등의 공해뿐만 아니라 오존층파괴, 산성비, 지구온난화, 사막화현상, 유해 폐기물의 불법투기 등을 들 수 있다. 이러한 환경문제를 일으키는 원인은 무계획적인 개발 및 공업화에 기인되는 경우가 많으며, 문제를 해결하는데에는 어려운 점이 많다. 특히 건설활동중에 발생시키는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>, 이하 모두 CO<sub>2</sub>)의 배출은 지구온난화에 큰 몫을 차지하고 있으며, 건설활동중에 배출하는 CO<sub>2</sub>의 양은 건설공사시에는 매우 적은 양이지만 건설자재생산, 자재의 운반, 건축물 운영시에 발생하는 양을 합하면 전체의 반절에 가까운 값으로 추산된다고 한다. 따라서 건설산업이 지구온난화에 대한 책임이 있다고 볼 수 있으며 설계 및 시공시에 내구성인 큰 재료를 선택하고 에너지 절약을 위한 계획 및 리사이클이 용이한 재료의 선택 등이 고려되어야 한다.

고로슬래그 45%, 플라이애쉬 2%를 보통포틀랜드 시멘트에 혼화하여 제조한 고로슬래그 시멘트 및 플라이애쉬 시멘트 등은 보통포틀랜드 시멘트보다 CO<sub>2</sub> 배출량이 아주 적어지기 때문에 특히 리사이클 시멘트로 사용될 경우 매우 유리하며, 이와같은 환경친화성 시멘트를 제조하여 보급을 확대함으로써 개발에 의한 탄산가스 배출량을 줄이는 방법이 절실히 요구된다. 또한 폐기콘크리트 및 폐건축재의 적

극적인 리사이클 이용도 지구의 온난화 현상을 대폭 줄이는 결과를 가져오게 될 것이다.

### 나. 환경친화성 콘크리트의 필요성

콘크리트는 건설공사시 어느 재료보다도 많은 양을 사용하기 때문에 환경문제를 생각할 경우에도 부정적으로 볼 수 있는 재료이다. 시멘트 제조시에 온난화의 주요인인 탄산가스를 다량 배출하는데 포틀랜드 시멘트 1톤 제조시 CO<sub>2</sub> 약 870kg을 배출한다고 한다. 시멘트의 원료가 되는 석회석은 지구상의 생물이 공기중의 CO<sub>2</sub>와 칼슘을 결합시켜 고정화되어 만들어진 것으로 이것에 약 1,400°C의 열을 가하여 산화칼슘과 CO<sub>2</sub>로 분해하는 과정이 시멘트산업이다. 철근 콘크리트구조나 철골구조 등 건설공사에 사용되는 철강산업도 산화철과 탄소를 금속철과 CO<sub>2</sub>로 치환시키는 것으로 이것 또한 환경문제를 유발시키는 산업이다. 그리고 콘크리트의 70~80%의 용적을 차지하고 있는 골재의 운반과정을 통해서도 환경문제를 야기시킨다. 따라서 구조물의 주요 재료인 콘크리트 및 철근의 제조, 사용, 폐기라고 하는 라이프 사이클에 있어서의 환경부하가 적도록 사용 재료 및 사용법을 포함한 폐기물의 처리방안을 강구해야 할 것이다.

한편, 환경친화성 콘크리트 시공이라고 하는 개념은 환경부하를 가능한 한 적게 하기 위한 환경친화성 콘크리트를 제조하여 사용하며 폐기콘크리트를 리사이클하는 방안과 콘크리트 구조물의 내구성을 최대한으로 하는 것이 있다.

이러한 환경친화성 콘크리트에는 환경문제를 되도록 적게 유발시키는 콘크리트 뿐만아니라 해양생물 등 생물의 서식환경을 확보해 주는 콘크리트와 오히려 반대의 개념인 화력발전소나 원자력발전소의 냉각수로의 어폐류 등의 서식을 차단해 줌으로서 염소 주입방법 등 타방법에 의한 해양오염을 줄일 수 있

는 무공해성 방오(防汚) 콘크리트 등을 들 수 있다. 이와같이 환경친화성 콘크리트는 공해를 줄일 수 있을 뿐만아니라 인간을 포함한 동식물의 서식환경을 제공하는데 크게 기여하게 될 것이다.

### 3. 환경친화성 콘크리트

#### 가. 공해를 줄이기 위한 콘크리트의 제조

콘크리트의 제작시 재료 및 혼화재, 배합설계, 제조방법 등을 고려하는 것과 사용할 때의 효과적인 유지관리를 통한 고내구성 콘크리트와 사용후의 리사이클을 통한 재사용 콘크리트를 생각할 수 있다.

##### (1) 친환경성 시멘트 및 혼화재를 사용한 콘크리트

플라이애쉬 및 생활폐기물이나 산업폐기물의 소각회 그리고 용융슬래그 30~50% 정도를 포틀랜드 시멘트에 혼합한 혼합시멘트나 하수오니 슬러지 소각회나 슬래그를 이용한 콘크리트 제조는 폐기물 처리와 에너지 유효이용 차원에서 매우 효과있는 방안이 될뿐만 아니라 CO<sub>2</sub> 배출량을 줄이는데 유효하여 환경부하를 줄이는 결과가 된다.

도시 쓰레기 소각회나 하수오니 소각회를 원료로 한 시멘트를 에콜로지 시멘트(Ecology cement)라 하며, 이것은 쓰레기 소각회(비산재)를 0.55톤, 하수오니 소각회 0.3톤, 성분조정을 위한 첨가제 0.3톤을 함께 소성하여 크링카 0.85톤을 만들고 여기에 석고 0.15톤을 가하여 분쇄하여 시멘트 1톤을 얻는 것이다. 이때의 소성온도는 1,400°C 정도이며 이것을 이용한 콘크리트 경화체로부터의 중금속 용출량은 환경기준 이하라고 한다.

그리고 산업폐기물을 연료로 한 시멘트(Ecology Cement)도 있는데 시멘트 크링카 소성때 페타이어나 페플라스틱, 폐유 등 유기산업폐기물을 연료의 일부로서 이용한 것이며, 페타이어는 20~40%의 카

본블랙을 함유하고 있고 1톤의 타이어는 7×10<sup>6</sup>~8×10<sup>6</sup>kcal의 에너지를 가지고 있다 한다. 이러한 폐기물의 리사이클을 통한 시멘트의 생산은 유럽이나 일본 등 선진국에서는 이미 오래전부터 이루어지고 있었으며, 최근 국내에서도 그 이용이 더욱 증대될 것으로 생각된다.

##### (2) 리사이클 콘크리트

재건축이 늘어가고 있고 이로부터 발생된 콘크리트 덩어리를 파쇄시켜 골재 및 잡석으로 이용하는 것은 부족한 골재자원의 재이용이라는 측면에서 매우 유효한 것일 뿐만 아니라 폐기물 처리비용 절감 등 CO<sub>2</sub> 배출문제를 생각할 때 지구환경보호에 유익한 방안이라 할 수 있다.

콘크리트의 리사이클에 있어서 사용재료별 이용가능성은 다음과 같이 생각해 볼 수 있다.

##### (가) 사용수

회수수의 재사용은 대부분이 이루어지고 있으며, 레미콘 슬러지를 골재화하여 재사용하는 연구가 필자의 환경부 G7 연구과제('96~'98)로 실용화 단계에 있다.

##### (나) 시멘트

재생시멘트로의 이용가능성이 크고, 저품질 콘크리트로의 이용, 지반개량재 등으로 이용할 때 시멘트 생산량이 감소되어 결국은 CO<sub>2</sub>량이 줄어들게 된다. 특히 고로슬래그 시멘트는 보통포틀랜드 시멘트 다음으로 이용량이 많으며 콘크리트의 내구성과 장기강도를 증진시키는 효과가 클 뿐만아니라 폐기물의 재활용, CO<sub>2</sub>의 배출량을 감소시킬 수 있는 환경친화성 재료로도 그 이용을 대폭 증진시켜야 할 것으로 생각된다.

##### (다) 골재

암석자원으로서의 이용가능성이 크고, 로반재, 기



초재, 되메움재, 아스팔트 혼합용골재로서 이용이 되고 있고, 고로슬래그, 하수오니 슬래그, 쓰레기소각회 용융슬래그 등의 이용도 연구되고 있다.

(라) 혼화재료

고로슬래그, 플라이애쉬, 실리카흙 등이 다량으로 이용되고 있으며 이들의 사용으로 콘크리트의 품질을 향상시킬 뿐만아니라 환경문제를 대폭 줄일 수 있는 방안을 적극적으로 강구하여야 한다.

(마) 철 근

콘크리트로부터 회수한 것은 리사이클이 가능하다.

(3) 고내구성 콘크리트

콘크리트를 고강도화하고 구조물의 사용연한을 장기화시키는 방안과 보통 콘크리트일지라도 설계와 유지관리를 고려한 사용연한의 장기화를 고려함으로써 사용 시멘트량 및 골재자원의 감소 등 경제성이나 환경문제의 유발을 감소시킬 수 있다.

나. 투수콘크리트에 의한 환경부하 저감

도시화의 가속화로 도로와 지표면이 아스팔트나 콘크리트로 포장되는 면적이 크게 증가하고 있다. 포장면위와 건물의 지붕에 내린 빗물이 도로 측구로 흐르게 되어 있고 이 물은 지하에 침투하지 아니하고 도시하천이나 하수도를 통하여 강이나 바다로 흘러가게 된다. 빗물이 지하의 토양에 침투하는 양이 적어 축적된 수량이 적게 되면 물이 갖는 열용량이 적어지기 때문에 그 지역의 온도변화가 크게되는 결과를 가져올 수 있고, 강우시 단시간내에 급격한 수량의 증가로 도시형 홍수를 일으킬 수도 있다. 뿐만아니라 도시하천의 복개는 물론 하천의 측면에 상당부분을 콘크리트나 아스팔트로 포장하여 주차장화함으로써 대기의 순환작용이 부족하여 대기오염을 가속화하고 수량의 부족으로 수질오염 및 토양오염

이 심화되며 지반침하의 현상까지 초래된다.

이러한 도시의 사막화 현상을 막기 위해서는 도로면이나 지표면에 다공극을 갖는 포러스 콘크리트나 포러스 아스팔트 포장이 매우 유효하다. 이들 포장 콘크리트는 빗물을 공극에 일단 흡수한 후 이것을 서서히 유출시키는 기능을 갖게 하는 것이다. 기존 포장면 위 및 철근콘크리트 포장에 투수성 포장을 하는 경우에는 표층부 5cm를 투수성 재료로 하는 것이고 불투수성 포장면 위에 구배를 잡아서 빗물이 투수층을 통하여 측구로 흘러 배수가 된다. 그리고 바다 포장전체가 투수성 콘크리트로 되어 상부로부터의 물은 필터층을 통하여 지하로 침투되며, 이것은 차량 등의 큰하중을 받을 수 있는 강도가 부족할 수 있기 때문에 이러한 경우는 피하는 것이 좋다. 그러나 섬유보강이나 혼화재료 등을 통한 강도 증진이 이루어 질 때 그 보급은 더욱 커질 것으로 생각된다. 그리고 고속도로 위에서의 소음은 주로 바닥 포장면과 자동차 바퀴와의 마찰소음에 기인되기 때문에 이들 투수성 포장은 노면(路面)소음을 대폭 줄일 수 있는 방법이 되어 고속도로 측면의 방음벽 설치비용을 절감할 수 있고 자동차 실내소음을 줄일 수 있는 방안이 될 수 있다.

다. 생물의 생식장을 제공하는 친환경성 콘크리트

(1) 식물의 성장이 가능한 콘크리트

(가) 구조와 기능

기존의 일반 콘크리트에서는 투기·투수가 용이하지 않아 식물의 성장은 불가능하지만 식물이 발아하고 성장할 수 있는 다공질 콘크리트의 개발로 도로 측면의 비탈면을 녹화하여 경관을 수려하게 할 수 있을 뿐만아니라 생태계의 회복에 크게 기여할 수 있다. 다공질 콘크리트의 공극에 토양재를 넣는 방

법이며 여기에 함수율이 높은 재료의 혼입, 비료나 알칼리성을 완충시킬 수 있는 재료의 혼입으로 식물의 성장에 무리가 없으며 토양 미생물 등의 서식이 가능하다. 즉, 식물이 생육하기 위해서는 빛과 생육을 위한 공간, 공기, 토양 등이 필요하며 생육을 위해 보수성과 투수성이 좋은 콘크리트로 제작이 되어야만 성장된 식물을 충분히 지탱하고 공극으로 인하여 약해질 수 있는 콘크리트의 강도가 충분해야 한다. 그리고 토양중에는 적절한 pH를 갖는 물과 필요한 영양분을 포함하고 있어야 한다.

이러한 콘크리트의 구성은 다공질 콘크리트로 구성되고 공극에 보수성 충전재로 채우며 표층에 토양을 얇게 고착시키는 구조로 이루어진다. 다공질 콘크리트는 특히 초기에 알칼리성이 높기 때문에 일정 기간동안 공기중에서 탄산화 시킨다든지 수중에서 알칼리 성분을 용출시키거나 고로슬래그 미분말이나 실리카흙 등을 시멘트에 혼합하여 잠재수경성이나 포졸란 반응에 의하여 가용성의 수산화 칼슘을 감소시키는 방법 혹은 레진계의 결합재를 이용한 폴리머 콘크리트를 채용하는 방법을 생각할 수 있다. 그리고 식물의 뿌리가 자라 공극으로 진입해 오도록 보수성이 충분한 충전재로 채워져야 하며 이러한 재료로 무기질 인공토양이나 고흡수성 고분자 분말 등이 이용될 수 있다. 그리고 표면의 얇은 표층은 식물의 발아장소가 되며 초기 비료의 공급원이 되고 콘크리트의 건조를 방지하는 기능을 갖게 된다.

#### (나) 콘크리트의 성질

##### 1) 공극률 및 공극의 크기

다공질 콘크리트의 공극률이 높고 공극의 크기가 크면 식물의 생육에 좋지만 지나치게 공극률이 크거나 입경이 크게 되면 강도가 낮게 되기 때문에 적절한 공극률은 20~30%, 골재 입경은 10~15mm 조골재 및 13~20mm의 쇄석이 이용될 수 있다. 그

리고 결합재를 레진으로 한 다공질 폴리머 콘크리트로 하는 방법, 섬유로 보강을 하거나 혼화제를 이용한 방법 등으로 강도를 증진시킬 수 있다.

##### 2) 시멘트의 종류

보통포틀랜드 시멘트를 사용한 다공질 콘크리트는 초기에 알칼리 성분의 용출량이 매우 높아 식물의 생식장으로서 불리하고, 고로시멘트를 사용한 경우에는 알칼리의 용출량이 상대적으로 낮게 될 것이기 때문에 식물의 생육이 좋을 것으로 생각된다. 결합재로 레진을 사용한 다공질 콘크리트는 용출성분이 다르기 때문에 생육하는 식물의 종류가 다르게 될 것이다.

##### 3) 보수성 충전재

다공질 콘크리트의 공극의 55% 정도가 토양재로 충전되어 있으면 충분히 식재가 가능한 것으로 알려져 있다.

##### 4) 표층의 객토(客土)

표층에 3~6cm의 객토를 다공질 콘크리트에 부착시켰을 때 식물의 발아 및 생육이 양호하다는 보고가 있다.

##### 5) 압축강도

다공질 콘크리트의 강도는 사용재료, 공극률, 물시멘트비 등 배합조건, 다짐조건 등에 따라 달라진다. 식물이 충분히 자랄 수 있는 공극률은 20~30% 정도가 이용이 되고 있고, 낮은 물시멘트비 및 섬유보강이나 혼화제에 의한 충분한 강도를 발현시킬 수 있으며 폴리머 콘크리트 등으로 필요한 강도를 갖는 다공질 콘크리트를 제작할 수 있다.

##### 6) 내구성

다공질 콘크리트이기 때문에 동결융해저항성이 가장 문제가 되며 콘크리트가 공극내의 얼음의 팽창압력을 직접 받게 되기 때문에 이것에 견딜 수 있는 충분한 강도를 얻기 위해서는 낮은 물시멘트비, 섬유에 의한 구속, 결합재의 개선, 다짐방법 등으로



충분히 가능하다.

(2) 해양 및 담수생물의 서식장을 위한 콘크리트

(가) 해양생물과 콘크리트

해양생물의 생태계는 아주 작은 영역부터 규모가 큰 영역까지 여러 계층의 복잡한 구조를 이루고 있다. 한편, 콘크리트 공극의 구조는 아주 작은 영역부터 큰영역까지 만들어 낼 수 있어 해양생물의 서식처를 제공하는데 매우 유리하다. 콘크리트 구조체에 다공질의 친환경성 콘크리트를 붙여 시공함으로써 생물의 생태적 특성이 충분히 고려된 환경을 조성할 수 있을 것으로 생각된다.

생물의 서식에 쾌적한 생물친화적 콘크리트 구조물을 제작하기 위해서는 콘크리트의 알칼리 용해성, 색상, 내구성 등이 중요하게 고려되어야 한다. 해안선에 호안구조물의 대부분이 콘크리트로 축조되어 있어, 이것이 호안생물의 서식환경에 어떠한 영향을 미치는지 혹은 어떠한 서식환경을 조성하여야 할 것인지에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

호안을 구축할 때 생태계의 서식환경을 고려한 환경친화성 콘크리트가 바람직한 방법으로 생각되며, 이때 해안의 경사도, 구조 등이 간만의 차, 파랑 등의 해안 환경에 적합한 구조가 되어야 할 뿐만 아니라 콘크리트 구조물에 생물의 서식환경을 조성하기 위한 방안이 강구되어야 한다. 예를들어 직립 호안에는 요철을 많이 두어 어폐류나 해양식물의 부착이 용이하도록 하고 다공질 콘크리트를 표면부분에 두어 적은 생물부터 상당히 큰 것까지의 생식공간이 되도록 하는 연구개발도 필요하다.

(나) 담수생물과 콘크리트

하천이나 강변의 호안공사에 콘크리트가 대부분 사용되고 있으며, 이러한 콘크리트공사로 인하여 생태계의 파괴 등 환경문제가 크게 대두되고 있다. 특

히 작은 하천의 경우는 흙관이나 콘크리트 구조물로만 구성이 되어있고 하천의 측면뿐만아니라 바닥까지도 콘크리트로 되어 있어 담수생물은 생식장소나 서식장소를 잃어버리게 되었다. 이러한 자연생태계의 파괴라고 하는 큰 환경문제에 대한 인식을 다시 하지 않으면 안될 만큼 담수역에서의 환경은 심각하다. 따라서 담수역에서의 생물의 서식처를 제공할 수 있는 어초형식의 호안 및 식물이 잘 자랄 수 있는 호안공사, 즉 친환경성 콘크리트로서 이루어져야 한다.

담수생물의 서식환경을 조성하기 위한 친환경성 콘크리트로서 이용될 수 있는 것은 콘크리트 구조물 바닥에 자갈 등 석재를 깔아 크고 작은 공간을 만들어 줌으로서 어류나 수생식물의 서식을 도울 수 있고, 다공질 콘크리트를 블록 등의 형태로 제작하여 호안공사에 이용함으로써 식물의 착근(着根)에 유리하고, 수중에 배치된 블록에는 부착생물의 서식환경이 훌륭한 장소가 될 것이다. 이러한 다공질 콘크리트는 일반 콘크리트에 비교하여 수생곤충 등의 부착에 매우 유리하여, 자연 생태계를 보존하고 생식장소로서 역할을 충분히 발휘하고 있음이 실험을 통하여 밝혀지고 있다.

(다) 방오(防汚) 콘크리트

원자력발전소나 화력발전소에서의 냉각수는 일반적으로 해수를 이용하고 있고, 냉각수로는 각종 어폐류의 서식으로 이것들이 냉각계통인 콘크리트 벽면이나 Bar Screen, 복수기 내부 등에 부착·서식하는 환경이 형성됨으로서 유속 및 수량의 감소로 냉각효율과 발전효율을 저하시키게 된다. 따라서 이들 어폐류 등 생물들의 서식환경을 나쁘게 하기위한 방법을 채택하는 경우가 있으나 이러한 방법은 해양환경을 악화시키는 결과를 가져오게 된다.

한편, 일반적으로 잘 알려진 방오재는 구리계나

주석계를 주원료로 한 방오도료가 사용되고 있고 이것들은 선박의 하부나 해양시설물의 표면에 사용되고 있다. 이러한 방오도료는 주원료인 페인트에 방오제를 폴리머에 분산시켜 도포하면 폴리머 매트릭스내의 방오제가 해양생물의 부착을 방해하는 방오성능을 발휘하도록 한 것이다. 그러나 이것들은 모재의 표면에 얇은 피막을 형성하게 되는 것으로 파랑 등 해양의 물리적, 화학적 환경조건에 의하여 내구성이 비교적 짧은 문제점이 있다. 따라서 시멘트 혼화용 폴리머로 개질(改質)한 시멘트 콘크리트나 바인더를 레진으로 사용한 폴리머 콘크리트에 방오제를 혼입하여 도료가 아닌 두꺼운 콘크리트 제품화했을 경우, 이러한 방오콘크리트는 무공해이면서 고내구적인 방오성능을 갖게 된다. 방오콘크리트에 혼입한 폴리머로서 방오제의 용출속도를 제어하고 조정하여 고내구성을 발휘할 수 있게 된다.

필자의 실험연구에서는 내구성 10년을 목표로 한 방오콘크리트를 제작하여 실험실에서 방오제의 용출 특성을 고찰하여 사용폴리머로 방오제의 용출속도를 확정하고, 이것들을 해양폭로실험을 통하여 콘크리트의 방오성능을 확인하였다. 사용 바인더는 시멘트 혹은 불포화 폴리에스터나 에폭시 등이고, 폴리머는 PAE(Polyacrylic Ester Emulsion), 방오제는 구리계( $Cu_2O$ )와 주석계(TBTO : Tributyltin Oxide, TBTM : Tributyltin Methacrylate, TBTF : Tributyltin Fluoride)였으며, 방오콘크리트들의 방오성능은 방오제의 종류에 따라 약간 다르나 초기에는 구리계 방오콘크리트가 우수한 방오성능을 나타냈으며, 구리계 방오폴리머 콘크리트가 장기적으로 가장 우수한 방오성능을 발휘하였다.

그리고 구리계 등 중금속계통의 방오제를 다량 사용하게 되므로써 해양오염을 가속화시킬 수 있게 되지만 폴리머로서 그 용출량을 최소한의 방오성능만을 발휘할 수 있게 제어할 수 있기 때문에 이로 인

한 해양오염은 재래의 방법보다는 극히 적은 양이 될 것으로 생각된다. 물론 더욱 바람직한 것은 무공해성 방오재료로서 방오성능을 갖는 새로운 유기화합물의 개발이라고 생각된다.

방오성능만을 고려한 방오제의 과다사용으로 해양환경을 악화시키는 것은 물론 어민들의 양식업에도 큰 피해를 주지 않도록 무공해성 방오콘크리트 등의 개발과 적용이 서둘러져야 한다.

#### 4. 맺 음 말

지구환경을 지키기 위한 연구와 개발은 21세기의 가장 중요한 분야가 될 것이다. 모든 분야에서 환경생산을 해야 할 것이며, 건설공사의 대부분을 차지하고 있는 시멘트·콘크리트의 친환경적 생산과 이용이 환경문제를 해결할 수 있는 큰 몫을 차지하고 있음을 알아야 한다. 이를 위해서는 특히 시멘트·콘크리트에 관한 업계나 관련 부서에서 다공질 콘크리트의 이용, 고로슬래그 시멘트의 적극적인 활용, 도시 쓰레기 소각회나 슬래그 및 하수 슬러지 소각회나 슬래그 등의 시멘트 원료로의 자원화, 생물의 서식환경을 지키기 위한 담수 및 해양의 친환경적 콘크리트공사를 적극적으로 권장하고 채택함으로써 가능하리라 본다.

#### 참 고 문 헌

1. Concrete Journal, Japan Concrete Institute, vol. 36, pp. 6-48, 1996. 3.
2. The Concrete, Y. Kasai, pp. 56, 1998. 6.
3. 방오콘크리트의 개발에 관한 연구, 1996년도 추계, 1997년도 학술발표대회 논문집, 제16, 제17집, 1996. 10, 1997. 4.
4. 고로슬래그 시멘트 KS L 5210.
5. 대한시멘트 KS 제품검사 규격자료, 1998. 