

건설 및 콘크리트 산업환경의 변화와 콘크리트공학 교육의 방향

- Direction of Concrete Engineering Education for Change
of Construction and Concrete Industry -



김무한*

1. 서 언

건설구조재료의 70 ~ 80 % 이상을 차지하고 있는 콘크리트는 지금까지 강재와 더불어 중요한 건설재료의 지위를 점하고 있으며 지구온난화 방지, 자연환경파괴 방지 등의 지구환경문제와 깊은 관련이 있는 재료이기도 하다. 앞으로 21세기에 있어서도 이러한 콘크리트가 많이 사용되기 위해서는 자원의 고갈이나 에너지의 유한성, 지구환경과의 조화나 환경부하의 저감 등을 고려한 설계, 시공 및 제조기술이 더욱 요구되는 실정이다. 이에 자원의 유효이용이나 환경문제를 의식한 재료의 활용을 도모함과 동시에 해체·처분에 따른 문제점을 경감시키고 건설용 자원의 소비를 줄일 수 있도록 콘크리트 구조물의 장수명화를 도모하는 등의 노력이 필요하다.

콘크리트 구조물의 장수명화를 이루기 위해서는 구조물의 적당한 유지관리를 도모하는 것도 중요하지만 21세기에는 콘크리트 구조물을 장기에 걸쳐 사용할 수 있도록 건설시점에서부터 내구성능을 미리 고려할 필요가 있다. 적절하게 설계·시공된 콘크리

트 구조물은 본래 우수한 내구성이 있는 것으로 여겨지지만 건설 생산현장에서 건설기술자 및 노동자의 감소화와 고령화 등 질적 변화도 고려해야 하므로 내구성이 좋은 구조물을 확실하게 얻을 수 있는 새로운 시공기술이나 시공시스템 등의 개발과 아울러 사회기반시설의 대부분을 점유하고 있는 콘크리트를 만드는 주체인 사람을 어떻게 교육시킬 것인가 하는 문제가 아주 중요하다고 사료되어 건설 및 콘크리트 산업환경의 변화에 따른 콘크리트공학 교육의 방향을 고찰해 보고자 한다.

2. 건설 및 콘크리트 산업의 환경변화와 콘크리트공학 교육

2.1 건설 및 콘크리트 산업의 환경변화

최근 콘크리트가 환경파괴의 원흉으로 지목되어, 인간 주거환경 및 도시기반시설을 위한 개발 그 자체를 환경파괴라고 규탄 받는 것은 별도의 차원에서 대처하여야 하지만, 지금까지의 경제기능 우선의 설계사상을 새롭게 하고 경제발전과 더불어 인간의 풍요와 주거환경에 대한 욕구가 강조되어 온 기능 중시형으로부터 인간중시, 환경보전형의 사회간접자본시설을 구축해야 한다는 소리가 높아지는 것이 현실적인 추세이다.

환경 규제와 더불어 민원의 급증 등으로 인하여 골재자원의 안정적인 공급이 시급한 과제로 대두되고 있다. <표 1>에서 보는 바와 같이 레미콘용 굵은골재의 소비 행태를 보면, 석산개발에 의한 산림골재의 사용량이 크게 증가하여 2000년 현재 국내 굵은골재 소비량의 95 %를 점유하고 있고, 잔골재는 하천골재 자원의 고갈에 따라 1990년대 이후 바닷모래의 사용량이 크게 증가하고 있어 2000년 경우 잔골재 소비량 중 바닷모래의 점유비는 38.7 %를 기록하였으며, 깬모래의 소비량도 급격히 증가하여

표 1. 레미콘용 골재의 품종별 소비형태

(단위 : %)

| 구분 \ 년도 | | 1990 | 1995 | 1999 | 2000 |
|---------|---------|------|------|------|------|
| 잔골재 | 강모래 | 76.1 | 47.8 | 37.6 | 35.1 |
| | 육모래 | 6.5 | 10.2 | 8.0 | 8.2 |
| | 산모래 | 0.6 | 0.6 | 0.1 | 1.0 |
| | 바닷모래 | 15.9 | 36.5 | 44.0 | 38.7 |
| | 쇄사(깬모래) | 0.9 | 4.9 | 10.3 | 17.0 |
| 굵은골재 | 강자갈 | 18.4 | 7.0 | 2.9 | 4.4 |
| | 쇄석골재 | 79.9 | 90.8 | 91.2 | 95.2 |
| | 육자갈 | 1.7 | 2.2 | 5.9 | 0.3 |

자료 : 한국레미콘공업협회

* 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수

2000년 현재 17%를 점유하고 있다.

또한 철강업계에서는 콘크리트 구조물의 신뢰성 저하에 따른 틈새를 파고들어 그 동안 철강재의 수요 확대를 위하여 연구개발 활동을 강화하고, 수요처를 대상으로 한 지속적인 홍보 및 마케팅 노력으로 인하여 콘크리트에 대한 철강재 수요 잠식현상이 심화되고 있으며, 1998년 이후 레미콘업계에서는 원가절감 및 환경부하 저감을 목적으로 플라이 애쉬와 고로 슬래그를 혼화재료로서 대폭적으로 사용하는 사례가 급격히 늘어나고 있어 현재 시멘트 수요의 3% 정도를 플라이 애쉬가 잠식한 것으로 추정되고 있으며 시멘트·콘크리트 혼화재료의 품질관리 및 성능향상이 요구되고 있다.

이와 같은 어려운 건설 및 콘크리트 산업의 환경변화에도 콘크리트 업계에서는 그 동안의 양적인 수요 팽창에 비하여 품질관리 및 기술개발을 담당할 인력이 절대 부족하고, 또한 기술능력이 뒤떨어지는 중소 업체의 난립으로 전반적인 품질저하를 초래하고 있는 실정이다.

또한 콘크리트의 유동성·강도·내구성은 예전부터 콘크리트의 3대 기본성능이었지만, 최근에는 <사진 1>과 같이 콘크리트의 고성능화 및 다양화에 따라 콘크리트 앞에 '고(高)' 자가 붙고, 더욱이 최근에는 그 위에 '초(超)' 자가 붙는 추세가 되고 있다. 매년 이와 같이 다양화하는 콘크리트에 대한 요구기능·성능에 대응하여야 하는 콘크리트 기술자에게는 항상 새로운 도전이 요구되고 있다.

2.2 콘크리트공학 교육의 당면과제

건설 및 콘크리트 산업을 노동집약적인 산업으로 간주하여 사실상 건설기술개발이나 각종 콘크리트 재료의 연구개발투자에 무관심하여왔던 과거와는 달리 앞으로의 건설 및 콘크리트 산업을 기술집약적인 건설산업으로 전환하여야만 할 것이다.

이러한 건설 및 콘크리트 산업의 하이테크화는 빠르게 진행되어 초고강도재료를 사용한 콘크리트 구조물의 건설을 지향하는 대형프로젝트가 상당히 진행되고 있으나 건설자재의 가격상승, 철근공이나 거푸집공의 부족 등 문제가 있어 공사의 에너지절약과 시공기술의 합리화 등의 필요성이 지적되고 있다. 또한 건설

및 콘크리트 산업 등과 같은 하드웨어적인 것보다는 소프트웨어적인 것을 지향하는 젊은 세대의 경향 역시 콘크리트공학에 직접 종사하는 젊은 인력의 부족에 연결되는 중대한 문제라고 할 수 있다.

이와 같은 상황에서 건설 및 콘크리트 산업에 있어서 에너지절약화, 시공기술의 합리화도 중요한 문제이나 금후 사회간접자본시설의 구조재료로서 주종을 이루고 있는 콘크리트를 만드는 주체인 사람을 어떻게 교육시킬 것인가를 생각하는 것도 아주 중요한 일이라고 사료된다.

젊고 우수한 인력을 건설 및 콘크리트 산업 분야에 어떻게 확보할 것인가? 더럽고(Dirty), 위험하고(Dangerous), 어려운(Difficult) 소위 3D의 분야로 알려진 이 분야의 이미지를 벗기 위해 손쉬운 대책으로는 해결하기 어려워 근본적으로 인간이 평생에 걸쳐 일하는 곳으로서 충분한 매력에 있는 장의 형성에 노력해야 한다. 이를 위해서는 직장선택의 기준이 되는 노동환경, 경제환경, 사회환경, 기타 여러 가지 환경정비가 필요하다고 사료된다.

한편, 인간의 본성은 유아기 또는 성장과정에 있어서 흥미를 준 분야에 대하여 노동조건, 경제적 환경조건 등을 무시하고 몰입하는 습성이 있다. 이러한 인간의 본능을 생각해 볼 때 우선 콘크리트 재료에 대하여 어떠한 흥미를 갖게 하는 환경 만들기가 중요하기 때문에 대학시절만이 아니라 유치원, 초등학교, 중·고등학교 시절부터 사회적 또는 가정적 환경에서 콘크리트를 접하거나 흥미를 느끼게 하는 체험을 갖는 것이 중요하므로 학교, 가정, 사회를 포함한 교육의 장기적인 계획과 더불어 기본적인 인격육성에 충실하는 것이 중요하다고 생각된다.

한 예로 이웃 일본의 경우 2001년 일본콘크리트공학 연차대회에서 "지구의 새로운 사회와 쾌적한 공간을 창조하는 콘크리트"라는 주제로 <사진 2>와 같이 "소년·소녀 회화전 및 사진콘테스트"를 개최함으로써 대회 참가자뿐만 아니라 일반 시민에게도 콘크리트에 대한 매력을 느낄 수 있는 기회를 제공하고 있다.

<그림 1>의 콘크리트의 재료과학적 개념도에서 보여주듯이 새로운 재료연구의 방법이 어떻게 콘크리트에 적용될 수 있는지에 대해서는 금후의 과제로 남아있으나, 다학제적 연구(multi-disciplinary study) 강화를 통하여 적어도 현시점에서 콘크리



(a) 보통 콘크리트 (b) 유동화 콘크리트 (c) 고유동 콘크리트 (d) 초유동 콘크리트

사진 1. 콘크리트의 고성능화 및 다양화



사진 2. 소년소녀 회화전 및 사진콘테스트
(2001 일본콘크리트공학 연합대회)

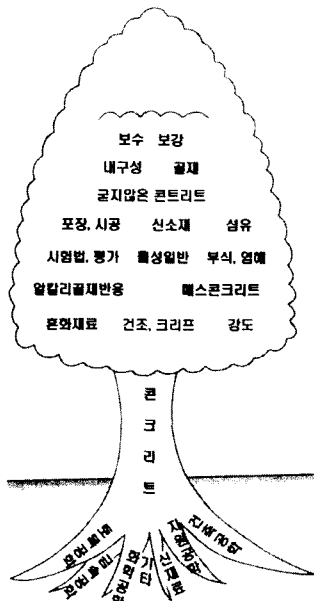


그림 1. 콘크리트의 재료과학적 개념도

트에 대한 여러 가지 문제점의 해결에 도움이 되고, 보다 향상된 성능의 콘크리트 개발 등을 지향하는 우수한 인재 확보·육성의 방법이 될 것으로 사료된다.

2.3 비비고, 만지고, 깨어보는 콘크리트 교육의 필요성

기술이 진보할수록 사람은 물건을 만들지 않고 구입하여 사용하게 된다. 생산현장이 사람의 눈에 보이지 않는 곳에 가려져 있고 생산에 임하는 사람도 공정의 극히 일부를 분담할 뿐 전반적인 내용은 모르는 것이 일반적이다. 건설재료로서의 콘크리트에서도 이러한 문제를 유념해야 한다. 콘크리트처럼 용이하고 안이하게 만들어 그 성능을 확인할 수 있는 재료는 그 예를 찾아볼 수 없다. 따라서 이러한 특징을 콘크리트 교육의 원점에 두는 것이 가장 중요하다고 생각된다.

비비는 것은 콘크리트를 만드는 것이고 좁은 의미에서 시공성을 의미한다. 만져보는 것은 균질않은 콘크리트에서 비비는 것과

동일한 효용이 있고, 경화한 콘크리트에서는 그 색이나 감촉, 질량감을 오감으로 느끼는 것에 의해 디자인 행위의 발전에도 연결된다. 깨어본다는 것은 구조기술자에게 있어서 불가결의 원체험이고, 의미를 넓혀보면 내구성을 포함한 성능시험으로 생각해도 좋다. 어느 교육 기관에서도 이 정도 시험을 할 수 있는 설비는 구비되어 있다고 본다. 모든 학생들이 콘크리트를 비비고, 만지고, 깨어보는 일련의 교육과정에서 실험요인과 수준을 모르고 단순히 이미 만들어진 기성제품을 깨어본다면 교육적인 흥미와 효과는 반감될 것이다.

문제는 교육적인 클라이맥스에 학생을 어떻게 끌고 갈 것인가 하는 연출의 가부가 문제인 것이다. 이러한 생각으로 콘크리트 교육도 재미있고 흥미 있는 하나의 창조적인 행위가 되어야 할 것이다.

콘크리트 교육에 대한 현실 비판의 예를 하나만 구체적으로 들어본다. 우리가 학생시절에 구조재료실험이라는 과목이 있어, 콘크리트에 관련한 공업규격에 따라 실험을 준비하고 주에 두 항목 정도 학생 자신이 해보거나 교수가 하는 것을 보았지만 솔직히 말해서 전혀 재미가 없었다. 현재 가르치는 입장에서 뒤돌아보면, 필자 자신이 공부하지 않은 탓도 실감하지만 원래 공업규격이라는 것은 학생의 교육을 위해 만들어진 것이 아니다. 무엇을 위해서 필요한 시험인가를 명시하지 않고 여러 가지 시험법의 제목만 나열되어 있는 경우에는 호기심이 작아지게 된다. 가령 다짐봉으로 다지는 횟수 등이 콘크리트 강도특성 등에 미치는 영향을 무시한다면 아무 의미가 없는 것이다.

물론 그로부터 많은 세월이 지나 각 대학에서도 국·내외에서 수학한 많은 교수들을 통하여 재미있고 매력 있는 실험·실증적인 콘크리트 교육이 실천되고 있는 것으로 알고 있으며, 필자 또한 콘크리트에 대한 흥미를 유발하기 위하여 학부생들을 대상으로 한 「건축재료실험」을 통하여 <사진 3>과 같이 콘크리트를 직접 만지고 느껴볼 수 있는 기회를 부여해 줌으로써 콘크리트공학 교육을 재미있고 흥미 있는 하나의 창조적인 행위로 유도하고

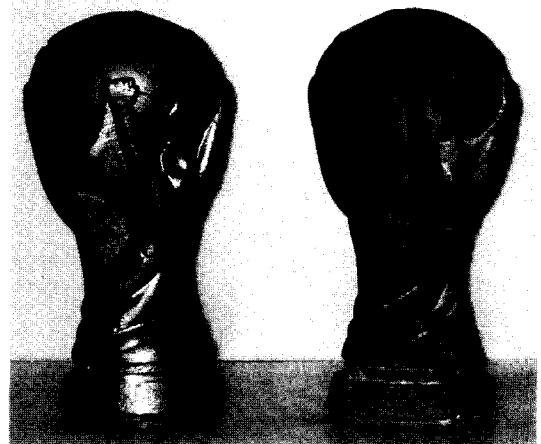


사진 3. 콘크리트로 제작된 월드컵 모형(학생작품)

있다. 그러나 오늘날까지 천편일률적인 공업규격에 의지한 무미 건조한 실험·실습이 답습되고 있다고 한다면 공학이탈, 건설이탈, 콘크리트이탈을 한탄하기 전에 다시 한번 콘크리트 교육을 되돌아보고 반성해야 하지 않을까 하는 것이 솔직한 심정이다.

필자가 유학시절 콘크리트를 비빌 때에는 절대로 장갑을 낄 수 없었다. 굳지않은 콘크리트를 손으로 만져보면서 그 촉감으로 콘크리트의 워커빌리티라든가 강도를 감지하고 예측할 수 있는 능력을 키우라는 지도교수님의 간곡하신 말씀이 지금도 생생하게 생각된다.

콘크리트를 비비고, 만지고, 깨어보라는 그 가르침 때문에 콘크리트 실험이 끝난 후 연구실에 돌아와 손을 깨끗이 씻고 맨소래담을 열심히 바르던 그 추억이 아름답게 느껴지고, 고생은 하였지만 일평생 연구다운 연구를 했다는 자부심과 함께 그때 결혼반지에 묻어있던 그 콘크리트의 강도와 내구성은 왜 그렇게 우수한지 오늘날까지도 결혼반지에 불청객으로 붙어있는 콘크리트를 볼 때마다 콘크리트가 얼마나 복잡하고 심오한 것인가를 다시 한번 생각하게 되는 것은 말할 것도 없고 콘크리트의 강도와 내구성을 좀더 심도 있게 연구하라는 하느님의 계시로 알고 오늘도 그 길을 숙명적으로 걸어가고 있으니 이것이 사람의 운명인가 보다.

오늘날 콘크리트 실험실에서 석·박사 학생들이 고무장갑을 끼고 열심히 콘크리트를 비비고, 만지고, 깨는 실험을 볼 때마다 장갑을 벗고 실험에 임하라는 준엄한 말 한마디 못하는 것이 30여년의 세월 탓이라고만 하기에는 허약한 교수로서의 자책감이 앞서는 것을 금할 수 없다.

3. 건설 및 콘크리트 산업기술의 전망과 과제

3.1 사회기반시설의 열화 및 장수명화 전략

(1) 건설구조물의 열화대책 및 장수명화

콘크리트는 반영구적인 건설재료로 건축·토목 분야에서 널리 사용되고 있으며 철근 콘크리트 구조물은 사회간접자본 시설의 대부분을 차지하고 있다. 그러나 설계, 사용재료, 배합조건, 시공 정도 및 사용환경에 의해 콘크리트 구조물의 내구성은 크게 영향을 받으며 표준시방서에 준하여 시공한 구조물도 시간이 경과함에 따라 성능저하요인의 복합적인 상호작용에 의하여 서서히 열화되고 그 성능이 저하되어 수명이 단축됨으로 건설구조물의 열화대책 및 장수명화가 요구된다.

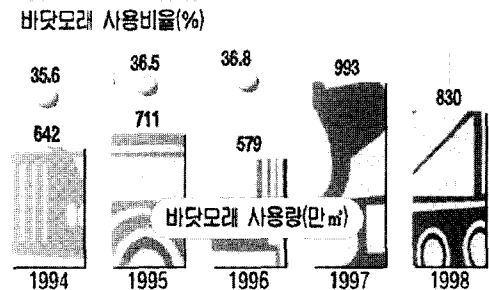
철근 콘크리트 구조물의 대표적인 성능저하요인으로는 염해 및 중성화를 들 수 있으며 염해의 경우 <그림 2> 및 <그림 3>과 같이 바닷모래의 사용량 증대 및 동절기에 교량에 사용되는 제설제로 인하여 철근 부식을 유발시켜 피복 콘크리트의 균열·박락 및 철근의 내력한계 도달 등과 같은 내구성저하를 초래하게 된다.

또한 중성화의 경우 콘크리트의 품질저하, <그림 4>와 같은

바닷모래 사용 추이

46.6

47.6



※ 레미콘공업협회가 99년 7월 전국 99개 레미콘 공장 대상 설문조사한 결과임

그림 2 연도별 바닷모래 사용추이

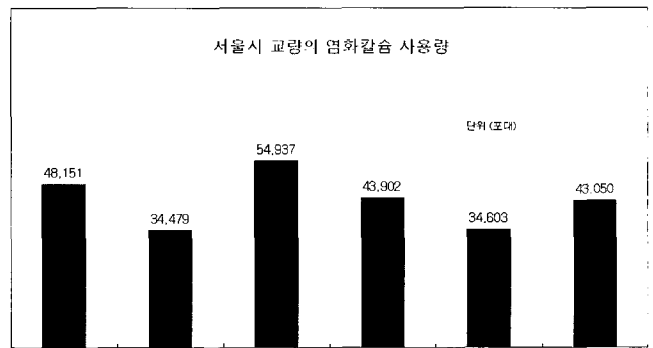


그림 3 서울시 교량의 염화칼슘 사용량 추이

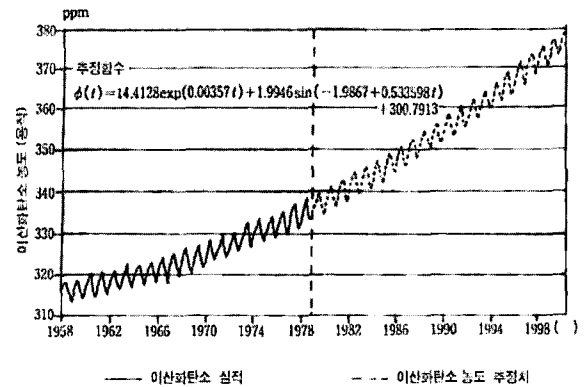


그림 4 대기중의 CO₂ 농도 경시변화의 최소자승법에 의한 예측

대기중의 탄산가스 농도의 증가 및 산성비 등으로 최근 더욱 빠르게 진행되고 있으며 국내 연구자료에 따르면 사회간접자본의 근간을 이루고 있는 건축구조물 및 토목구조물의 물리적 수명이 단축되고 이에 대한 문제점이 대두되고 있다.

이러한 염해 및 중성화로 인한 여러 가지 문제점에 대처하고 장기적으로도 내구적이며 양질의 구조물을 축조한다는 측면에서 철근 콘크리트 구조물의 내구성 회복을 위한 실용적인 보수공법 시스템의 개발이 국가·사회적으로 시급히 요구되고 있다.

(2) 콘크리트 구조물의 내구설계 및 시공표준의 성능규정화
철근 콘크리트는 철근부식 및 균열발생이라는 숙명적인 결함이 발생하여 경년변화에 따라 그 내구성이 현저하게 저하되는 경우

가 많이 발생하고 있다. 최근에는 이러한 내구성저하가 큰 사회적 문제로 대두되어 이를 방지하려는 연구가 학계 및 연구소를 중심으로 활발하게 진행되고 있으며 그 중에서도 철근부식 발생의 주요 원인인 염분침투 및 염분혼입, 중성화 현상 억제제를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

고도성장기를 지나 저성장시대에 들어가 양질의 사회간접자본 축적이 요구되고 있는 현재 콘크리트 공사에 있어서 성능규정화의 논의가 활발하게 행해지고 있으나 콘크리트 공사에 있어서 시공표준이나 시방서를 성능규정화하기 위해서는 공사에 있어서 목표해야 할 성능을 분명하게 하여 두는 것이 중요하다.

한 예로 일본 건축학회의 「철근콘크리트공사 표준시방서」에서는 <표 2>와 같이 철근 콘크리트 구조물의 설계공용기간의 등급을 3단계로 나누어 각각 내구 설계기준강도로 나타내고 종래의 구조상의 설계기준강도와 비교하여 큰 값을 품질기준강도로 배합을 결정하도록 하고 있다. 본 시방서에서는 동시에 관리용 공시체와 구조체와의 강도차를 고려하여 배합강도를 일률적으로 3 Nf/mm² 상승시켜 내구성이 큰 구조물을 확보하도록 하고 있다.

표 2 콘크리트의 내구설계기준강도(JASS 5)

| 설계 공용기간의 등급 | 내구설계 기준강도 | 대규모 보수 불요기간 |
|-------------|----------------------|-------------|
| 일 반 | 18Nf/mm ² | 30년 |
| 표 준 | 24Nf/mm ² | 65년 |
| 장 기 | 30Nf/mm ² | 100년 |

3.2 고성능·신기능 콘크리트에 대한 도전과 개발

지금까지는 콘크리트에 요구되는 기능·성능은 '압축강도', '내구성', '내화성' 등의 본래 콘크리트가 지니고 있는 기능 및 성능에 제한되어져 있었지만 최근 들어 사용자가 콘크리트에 대한 다양한 요구 및 높은 부가가치를 요청함에 따라 <그림 5>와 같이 고강도, 고내구성, 고인성 등의 고성능뿐만 아니라 환경부하저감 등의 관점으로부터 새로운 기능들이 필요하게 되었다.

이와 같은 요구에 대응하는 고성능·신기능 콘크리트로서는 흡수특성·강도를 크게 개선한 초경량 콘크리트에 약재 등을 표면에 바르거나 내부에 혼입한 표면 오염방지 콘크리트 및 방균 콘크리트, 콘크리트 자체에 고점성·고인성·내폭열성 등을 부여한 콘크리트, 스스로 환경변화를 감지하고 응답하여 열화진단과 수명예측까지 하는 고지능화 재료와 복합시켜 콘크리트에 지능을 부여하는 인공지능 콘크리트 등 콘크리트 분야에는 새로이 도전해야 할 분야가 산적해 있다.

여기에서는 대표적인 고성능·신기능 콘크리트로서 고강도·고유동 콘크리트 및 환경부하 저감형 포러스 콘크리트에 대하여 간단히 기술한다.

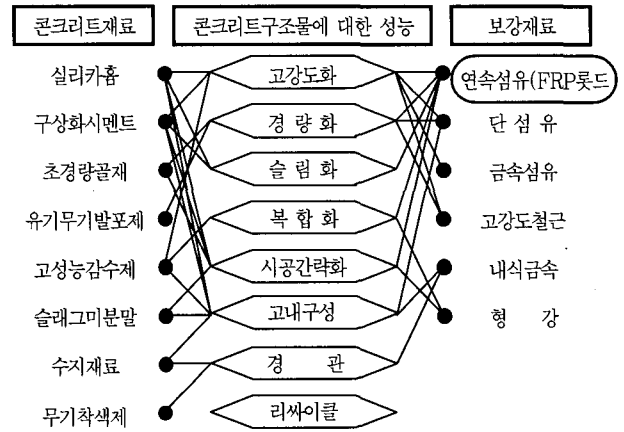


그림 5. 콘크리트에 대한 수요와 신재료

(1) 고강도·고유동 콘크리트

현재 콘크리트 구조물에 사용되고 있는 고강도 콘크리트는 설계기준강도가 80 ~ 100 Nf/mm² 정도까지 있으나 콘크리트는 고강도화 되면 될수록 조직이 치밀하게 되어 화재시에 폭발하기 쉬워진다. 이 점에 관해서 설계기준강도가 80 ~ 120 Nf/mm²에서 폴리프로필렌 섬유를 혼입하여 폭발하지 않은 콘크리트가 개발되어 고내화성 콘크리트라고 불리어지고 있다. 그러나 경제적인 균형에 맞는 설계기준강도는 60 Nf/mm²라고 알려지고 있어 40 ~ 60 Nf/mm²의 고강도 콘크리트가 대중화되리라고 예상된다.

고유동 콘크리트는 자기충전성 콘크리트와 중유동 콘크리트 또는 준고유동 콘크리트라고 불리는 콘크리트로 나누어진다. 종래에는 콘크리트는 골재를 시멘트 페이스트로 고결하여 굵은골재량이 많은 쪽이 경화 후의 성능이 우수한 것으로 알려졌으나 현재의 자기충전성을 갖춘 고유동 콘크리트를 보면 유동성도 높고 재료분리를 일으키지 않기 위해 굵은골재량을 절대용적으로 300 m³ 정도로 아주 적은 콘크리트로 하고 있다.

한편, 준고유동 콘크리트는 자기충전성은 없으나 다짐작업을 절약해도 타설 결함부를 만들지 않는 콘크리트로서 개발된 것으로 굵은골재 절대용적도 자기충전성 콘크리트보다 많고, 각종 항목에 있어서 균형이 잡혀져 있는 콘크리트로 이러한 콘크리트에 관한 배합·시공 지침의 정비가 바람직하다고 사료된다.

(2) 환경부하 저감형 포러스 콘크리트

지구에 서식하는 3000만 종의 생물이 매년 0.3 ~ 0.5%씩 사멸되고 있는 현상을 비추어 볼 때 종래의 콘크리트는 자연파괴의 원인으로 인식되어 왔으나 콘크리트 내부에 연속공극률을 형성시키면 고기능성을 지니면서 자연환경과의 조화를 이룰 수 있기 때문에 과거의 이미지를 크게 변화시킬 수 있다. 이러한 콘크리트 내에 연속공극을 형성시킨 포러스 콘크리트에 의한 환경부하 저감기술은 콘크리트가 자연환경을 보존하고 창조하는 재료로서의 이용을 기대할 수 있게 하였다.

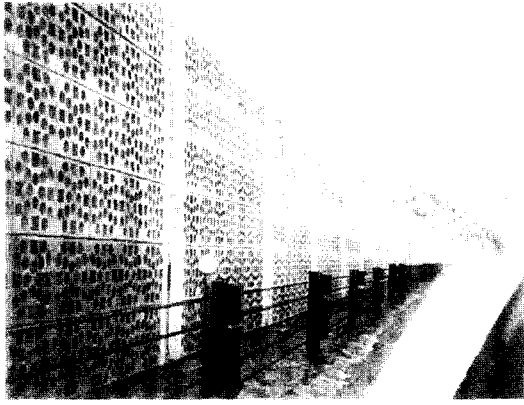


사진 4. 고속도로에 포러스 콘크리트를 이용한 흡음판

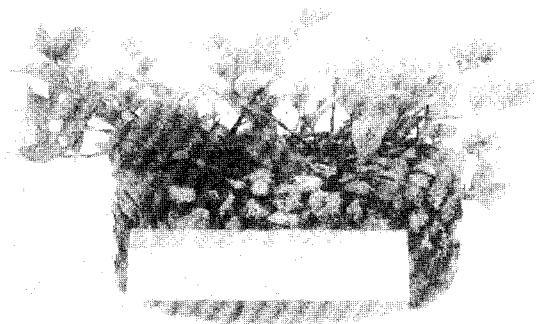


사진 5. 포러스 콘크리트의 식생 예

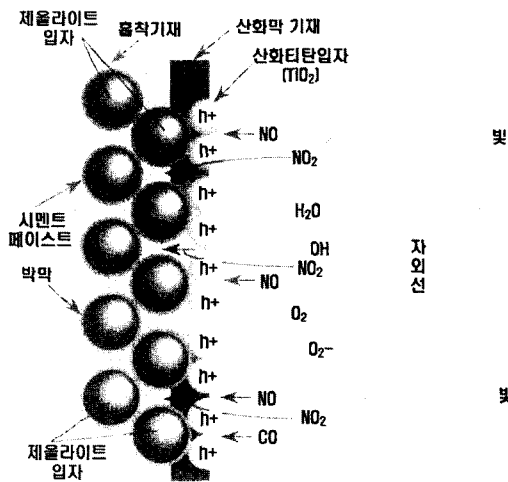


그림 6. 광촉매 TiO₂와 제올라이트를 사용한 포러스 콘크리트의 NOx 흡착 모식도

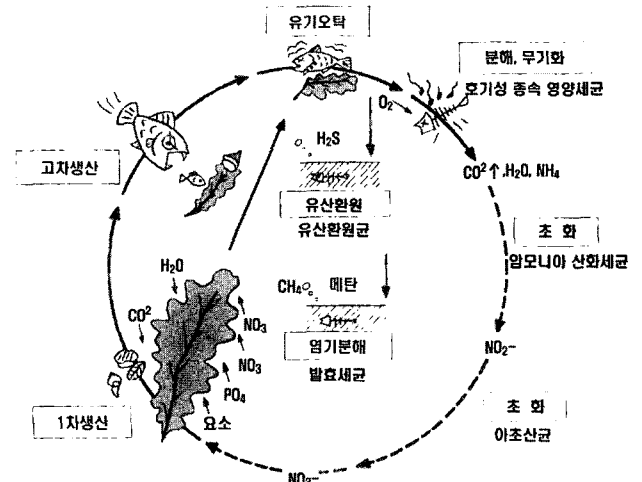


그림 7. 포러스 콘크리트의 수질정화 시스템

이러한 대표적인 예로서 포러스 내에 음에너지가 침입하면 마찰 열이나 진동에너지가 되어 음이 흡수되는 특성을 이용한 <사진 4>와 같은 흡음판으로의 활용과 골재입경을 1mm로 한 10cm 두께의 포러스 콘크리트의 표면적이 보통 콘크리트 편층 표면적의 약 400배 이상 되기 때문에 <그림 6>과 같이 골재나 결합재에 특정한 가스흡수물질을 사용하면 대기 중의 유해가스를 흡수하여 무해화 시키기도 한다.

또한 포러스 콘크리트의 투수성, 단열성뿐만 아니라 쾌적성을 목적으로 하여 도시 내부의 보도나 경차도에 포장재료로서 사용하면 포장면 하부의 미소생물의 서식환경을 조성하여 통과하는 물을 정화 시키게 된다. 연속공극을 갖는 포러스 콘크리트에 <사진 5>와 같이 직접 또는 그 표면에 얇게 객토를 하여 잔디나 각종 잡초류의 종자를 파종 또는 묘를 이식함으로써 이들 식물을 쾌적하게 생육시키는 것을 목적으로 하는 식생 콘크리트로 이용하기도 한다. 이러한 특성을 이용하여 하천이나 호수 및 해안 등에 포러스 콘크리트를 설치하면 굴곡이 많은 표면부나 연속공극내에 육생 혹은 수생하는 소동물이 부착·서식하여 이들 상호작용과 공생작용에 의한 먹이사슬을 형성하게 되며, 이들 내부표면에 부착된 각종 미생물에 의하여 <그림 7>과 같이 하천이나 호수 등의 수질이 간접적으로 정화된다.

3.3 에너지 절약 및 자원유효이용과 리사이클 기술개발

21세기는 환경대응의 시대라고 말할 수 있으며 금후 환경과의 공생을 목표로 한 건전한 순환형 국토시스템의 확립이 필요하고 지구온난화현상의 대책 추진, 건설폐기물 등의 리사이클 추진이 과제의 중심이 되고 있다.

한국의 경우 <표 3>과 같이 1차 에너지의 수입 의존도가 85%에 달하고 있다. 이 때문에 에너지 절약대책을 실시함으로써 화석연료자원의 고갈을 미연에 방지하고 에너지를 소비한 경우에 배출되는 막대한 양의 폐열, 유효이용, CO₂의 삭감에 대한 대응이 필요하다. 탄산가스의 배출량이 현상태로 증가하면 2100년에는 지구 평균기온이 약 2°C 상승하여 해면이 약 50cm 상승할 것으로 예측되고 이것이 현실화되면 전세계지도는 커다란 변화를 맞이하게 될 것이다. 금후 건설 및 콘크리트 산업에 있어 에너지 절약 대책, CO₂ 배출삭감 대책수립에 관한 부단한 노력이 필요할 것으로 사료된다.

에너지 자원과 함께 각종 제품 등에 이용되는 소cale 자원의 사용량은 점점 증가하고 있는 실정이며 한정된 자원을 금후 유효하게 이용하기 위해서는 지금까지와 같은 다량소비와 사용 방법

표 3. 주요지역의 1차에너지 수입 의존도(1995년)

| | | 한국 | 미국 | EU | 중국 | ASEAN4 | 일본 |
|-------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1차에너지 | 수입 의존도 | 85.2 | 20.3 | 45.9 | ▲1.5 | ▲4.6 | 80.0 |
| | 1차 에너지 중 시장 점유율 | 61.4 | 38.3 | 42.4 | 15.1 | 37.0 | 52.7 |
| 석유 | 수입 의존도 | 100.0 | 50.7 | 72.3 | 4.3 | ▲16.6 | 99.7 |
| | (원유 중동의존도) | (77.4) | (20.1) | (31.7) | (45.4) | (82.8) | (78.8) |
| 석탄 | 1차 에너지 중 시장 점유율 | 19.3 | 22.9 | 17.4 | 63.4 | 3.4 | 16.6 |
| | 수입 의존도 | 90.7 | ▲11.8 | 41.8 | ▲3.4 | ▲192.2 | 95.8 |
| 천연가스 | 1차 에너지 중 시장 점유율 | 6.3 | 24.4 | 19.9 | 1.6 | 17.8 | 10.5 |
| | 수입 의존도 | 100.0 | 14.2 | 39.2 | 0.0 | ▲82.0 | 96.3 |

(비고) 1. 마이너스(▲) 표시는 에너지를 수출하고 있는 것을 표시
 2. 원유 중동 의존도는 원유 수입 총량에 접하는 중동으로부터 수입량의 점유율
 (자료) IEA 「Energy Balances of OECD Countries」 「Energy Balances of non-OECD Countries」 「Oil and Gas Information」

을 지양하고 각자가 리사이클을 고려할 필요가 있다. 이에 철근 콘크리트도 구조물로서 수백년의 내구성을 유지시킬 필요가 있고 콘크리트의 고내구성화와 철근 방식대체를 자원절약의 목표로 인식해야 할 것으로 사료된다. 또한 많은 기존 콘크리트 구조물의 해체 후 발생하는 막대한 폐콘크리트도 (그림 8)과 같이 완전 리사이클시스템 및 콘크리트 자원순환 시스템을 구축하여 재생 시멘트 또는 재생 골재로 이용할 필요가 있다.

4. 결 언

최근 들어 골재자원의 부족현상 및 콘크리트에 대한 철강재의 잠식현상이 심화되는 등 어려운 건설 및 콘크리트 산업의 환경변화에도 콘크리트 산업계에서는 그 동안의 양적인 수요 팽창에 비하여 품질관리 및 기술개발을 담당할 인력이 절대 부족하고, 기술능력이 뒤떨어지는 중소기업의 난립으로 전반적인 품질저하를 초래하고 있는 상황에서 건설 및 콘크리트 산업환경의 변화에 따른 콘크리트공학 교육의 방향을 정리하면 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 최근 들어 사용자의 요구가 다양화되고 콘크리트에도 높은 부가가치가 요구되어짐에 따라 고강도, 고내구성, 고인성 등의 고성능뿐만 아니라 환경부하저감 등의 관점으로부터 새로운 기능들이 필요하게 되고, 금후 한정된 자원을 유효하게 이용하기

위해서는 사회기반시설의 열화대책 및 장수명화 전략, 고성능·신기능 콘크리트의 도전과 개발, 에너지 절약 및 자원유효이용과 리사이클 기술개발에 유연하게 대응하여 콘크리트에 대한 여러 가지 문제점을 해결하고 보다 향상된 성능의 콘크리트 개발 등을 수행할 수 있는 우수한 인재 확보·육성이 요구된다.

둘째, 소위 3D 분야로 알려진 건설 및 콘크리트 산업분야의 기피현상이 두드러지고 있는 상황에서 기존의 이미지를 벗어나기 위해서는 콘크리트를 직접 비비고, 만지고, 깨어보는 실험·실증적인 콘크리트공학 교육을 통하여 콘크리트에 대한 관심과 흥미를 유발 시킴으로써 보다 적극적이고 보다 능동적인 유능한 콘크리트 기술자를 양성할 수 있는 미래지향적인 콘크리트 교육과 함께 다학제적인 연구(multidisciplinary study)가 이루어져야 할 것이다.

셋째, 건설 및 콘크리트 산업 등과 같은 하드웨어적인 것과 첨단공학분야와 연계하여 소프트웨어적인 것을 지향하는 젊은 세대의 취향과 경향에 맞출 뿐만 아니라 젊은 인력의 부족현상이 심화된 건설 및 콘크리트 산업분야가 평생에 걸쳐 일하는 곳으로서 충분한 매력을 느낄 수 있도록 직장선택의 기준이 되는 노동환경, 경제환경, 사회환경 등 여러 가지 환경정비가 사회·국가적인 측면에서 필요하다고 사료된다. □

참고문헌

1. AS 1379-1991, The specification and manufacture of concrete, ACI
2. 若者とコンクリート, コンクリート工學, Vol. 30, No. 1, 1992. 1.
3. Neville A. ; Cement and Concrete : their interrelation in practice, pro. of engineering found. conf. Advanced in cement and concrete, pp.1~14, 1994.
4. 社會に役立つコンクリート, コンクリート工學, Vol. 32, No. 1, 1994. 1
5. "超高强度コンクリートへの挑戦-學生によるコンクリート壓縮強度コンテスター", 콘크리트工學, Vol. 32 No. 7, 1994. 7.
6. "構造物の高性能化を目指す21世紀のコンクリート技術", 콘크리트工學, Vol. 39, No. 1, 2001. 1.

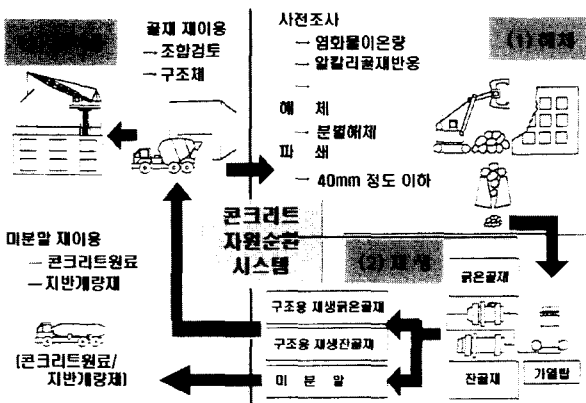


그림 8. 콘크리트의 자원순환 시스템