

자연형 생태하천 조성을 위한 콘크리트 호안블록 제거에 대한 문제점과 우리들의 대응

김 은 겸 (서울산업대학교 토목공학과 교수)

1. 머릿 말

토지공사가 발주하는 건설공사에 시공업체 선정을 위한 평가에서 시멘트와 콘크리트를 유해한 재료로 분류하고 있다.

평가 기준을 보면 총점 100점 만점에 친환경성이 15점이다. 친환경성은 사용재료에 따라 3등급으로 분류하고 있는데, 유해한 재료를 이용할 경우 최저점수 5점이 부여된다. 그러나, 점수가 문제가 아니다. 유해한 재료의 범주속에는 시멘트 및 콘크리트가 화학섬유, 독성이 있는 화학약품의 범주에 포함되어 있다. 즉, 시멘트, 콘크리트는 친환경성에 있어서 유해한 재료라는 것이다. 그렇다면, 시멘트나 콘크리트로 만들어지는 모든 시설물은 유해하다는 의미이며, 도시에 살고 있는 사람들은 거의 모두가 유해환경에 간혀 살고 있다는 말인가?

일본의 환경문제 평론가 후나세 쇼오스케(船瀬俊介)가 저술한 「콘크리트 주택에서 살면 9년 일찍 죽는다-지금 빨리 목재로 리폼해서 건강을 되찾자」라는 책이 출간되었다. 장수하려면 무엇보다도 목조주택에서 살 것을 권장하면서, 콘크리트가 인체에 미

치는 나쁜 영향을 여러가지 데이터를 제시하면서 설명하고 있다.

이 책의 목차를 보면, 콘크리트 사육 상자에서는 93%의 쥐가 죽었다. 맨션족은 목조주거인 보다 단명하였다. 아이들도 위험하다 콘크리트 교실의 공포, 콘크리트를 타설한 채로는 유해건축이다. 결합투성이의 위험한 콘크리트 문명 등으로 구성되어 있다.

물론, 모든 내용이 학문적으로 타당성을 가지고 있는 것은 아니다. 쥐가 콘크리트 사육 상자보다 목재나 금속 사육 상자에서의 생존율이 높은 이유로서는 열전도율, 목재의 독특한 향기나 성분 등을 들고 있지만, 금속의 열전도율은 콘크리트보다 크기 때문에 단순히 열전도율만을 가지고 설명하는 것은 무리가 있다.

이 책에서 제시하고 있는 콘크리트의 문제점이 모두 타당한 것은 아니라 하더라도, 콘크리트를 연구하는 사람이나 기술자들은 지금까지 환경적 측면에서 콘크리트의 문제점은 무엇이고, 또 허구는 무엇인지에 대하여 대국민 홍보 차원에서의 진실 알리기나 개선책에 대한 노력은 게을리 한 결과이다. 오히려 지금까지는 이러한 문제가 마스크 등을 통해 간

간이 일어나더라도 비전문가의 잘 알지 못하는 무지의 소치에서 비롯되었다고 치부하거나, 무대응으로 일관한 예가 많았다.

그러나, 최근에는 국민적 관심이 환경문제에 눈을 돌리면서 어떻게 하면 자연과 조화를 이루면서 살아갈 것인가, 그렇게 하려면 내가 살고 있는 주변환경은 어떻게 가꾸어가고 무엇을 개선하여야 하는가 등에 흥미를 가지게 되었다.

이미 서울에서는 중랑천이 콘크리트 호안을 걷어내고 소위 생태하천 조성을 진행시켰고, 다른 하천들도 이에 상응한 공사를 진행하고 있거나 계획중에 있다. 이러한 생태하천 조성은 안전성 확보보다는 주로 유해하다고 판단된 콘크리트 블록을 걷어내는 데 초점이 맞추어져 있다. 이러한 공사가 곳곳에서 이루어지고 있지만, 우리 학회나 콘크리트 기술자들은 적극적으로 체계적인 대응을 하고 있지 못하거나, 대응을 하더라도 일회성에 그치는 경우가 대부분이었다.

이제는 콘크리트가 환경에 무해한 재료라는 논리만으로는 국민이나 지자체를 설득하기에는 부족하다. 콘크리트의 유해성 문제에 대한 학문적이고 체계적이며, 일반 국민들이 이해할 수 있는 수준에서의 일관된 대응책이 필요하다.

전부를 무해하다고 하는 논리를 펴서도 안되지만, 일본의 환경평론가처럼 모두 유해 덩어리로 치부하도록 해서는 절대 안된다. 유해성이 인정되는 부분에 대해서는 그의 해결책에 대한 적극적인 연구가 필요하다. 그래야만, 콘크리트가 환경의 적이라는 이미지에서 탈피하여 우리나라 근대화에 지대한 공헌을 한 매우 유용한 건설재료로서의 인식전환이 가능할 것이다.

2. 콘크리트의 유해물질 용출 문제

가. 시멘트 중의 유해물질 현황

시멘트는 자연상태의 석회석, 점토, 규석 및 여러

가지 산업부산물 혹은 재활용 가능한 폐기물인 순환 자원을 원료로 제조하는 것으로서, 그 제조과정 가운데 정제라는 조작이 포함되어 있지 않다. 시멘트 중에는 시멘트 광물을 형성하는 주성분 외에 지구상에 존재하는 여러가지 원소를 미량 포함하고 있다. 이들 원소는 유해물질로서 분류되어 있으나, 시멘트 광물로부터 형성된 수화물에는 여러가지 유해물질을 고정하는 능력이 있으며, 오히려 시멘트는 유해물질을 가두어 두기 위한 재료로서 사용되어 왔다.

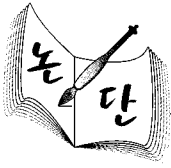
그러나, 최근 시멘트를 둘러싸고 용출되는 미량의 물질이 인체에 해를 주거나 혹은 하천 제방에 콘크리트 블록을 사용할 경우 식생이나 어류 산란에 나쁜 영향을 준다는 의견이 환경 단체를 중심으로 대두되어 왔다.

시멘트에 포함되어 있는 미량의 유해물질 가운데 최근 문제점으로서 대두되고 있는 것으로서는 건설 근로자의 피부알레르기를 일으키는 원인이 되는 수용성 6가 크롬이다.

시멘트 원료 가운데 총크롬은 석회석에 10~35ppm, 점토질에 0~340ppm, 규석질 원료(폐주물사 등)에 10~350ppm, 철 원료(슬래그 등)에 10~955ppm 정도 함유되어 있다. 이것을 크링카 전체로 환산하면 총크롬 함유량은 10~95ppm이며, 이중 시멘트에 함유되는 수용성 6가 크롬은 20~30ppm 정도가 된다. 6가 크롬은 강한 산성이므로 환원하기 쉽기 때문에 자연상태에서는 존재하지 않는다.

시멘트 중에 6가 크롬이 생성되는 것은 원료 중에 포함되어 있는 3가 크롬 일부가 고온 소정과정에서 산화되기 때문이다. 그 일부는 물에 쉽게 녹는 화합물로 되어 수용성 6가 크롬을 만든다.

〈표-1〉은 2008년 5월 환경부에서 실시한 시멘트 중에 함유되어 있는 미량성분의 측정 결과를 나타낸 것이다. 시멘트 중의 중금속 함유량은 EPA 3051법에 의해 납, 구리, 6개 항목에 대해 실시하였으며, 수용성 6가 크롬은 일본시멘트시험방법(JCAS I-51)에 따른 것으로 되어 있다. 특히 수용성 6가 크롬 함유량은 평균 12.4ppm으로서 2008년도 자율 규제



〈표-1〉 보통 포틀랜드시멘트 중의 미량 성분 함유량의 측정 사례(2008.5. 환경부 자료)

성분	한 국		일 본		중 국		토 양 (일본)
	평균값	범 위	평균값	범 위	평균값	범 위	
총크롬	31.2	15.9~56.3	49.0	27.1~95.2	30.9	10.5~92.9	5~1500
수용성 C(VI)	12.4	4.8~19.5	9.6	6.5~15.8	9.2	6.5~15.4	-
구리	75.8	3.2~161.7	78.5	12.7~164.0	31.4	4.6~84.9	2~250
비소	10.2	<0.05~25.3	17.2	7.7~24.6	30.8	<0.05~41.9	0.1~40
카드뮴	2.1	<0.004~4.8	2.3	0.6~4.9	1.3	<0.004~3.1	0.01~2
총수은	0.002	0.005~0.05	0.037	<0.005~0.365	<0.0005	<0.0005	0.01~0.5
납	104.1	21.0~209.2	43.9	20.7~77.3	98.5	8.0~137.1	2~300

치 30ppm 이내임을 알 수 있다.

또한, 미량으로 포함되어 있는 중금속의 경우에도 토양에 자연적으로 포함되어 있는 중금속의 범위내에 존재하는 정도로서 특별히 인체에 해가 있는 정도의 양은 아니다.

나. 경화콘크리트로부터의 용출

콘크리트 중에 포함되어 있는 중금속은 콘크리트에서 어느 정도 검출되는가. 굳지 않은 콘크리트나 경화콘크리트의 여러가지 경우에서 환경에 어느 정도 영향을 미치는지를 알 필요가 있다.

〈표-2〉는 환경부에서 ANSI 61-2007a 법에 의해 콘크리트 공시체에 대한 용출시험을 실시한 결과를 나타낸 것이다. 시험에 사용된 콘크리트 공시체는 한국의 경우 114개, 일본의 경우 60개, 중국의 경우는 36개이다. 중금속 6개 항목 모두에서 기준치 이

하인 미량이 검출되었으며 특히 6가 크롬의 경우는 0.000132mg/L 검출되었다. 시멘트의 수용성 6가 크롬량을 30mg/kg로 보고 단위시멘트량을 300kg/m³로 가정하면 0.375mg/L가 된다. 그러나, 공시체 시험에서 검출된 6가 크롬 농도가 0.000132mg/로서 미량인 점을 감안하면, 콘크리트 중에 포함되는 수용성 6가 크롬은 그 대부분이 콘크리트 속에 고정된다.

시멘트에 함유되어 있는 미량의 성분들은 인체나 환경에 미치는 영향은 크지 않으며, 특히 문제시 되고 있는 수용성 6가 크롬의 경우도 경화콘크리트에서는 콘크리트 속에 고정됨으로서 매우 미미한 정도 밖에 검출되지 않았고, 또 기준치에 미달한다는 사실을 환경부 시험 자료 등을 통해 확인하였다.

따라서, 하천의 제방공사에 콘크리트 호안블록을 사용할 경우, 시멘트 속에 존재하는 중금속의 용출로 제방 식생환경에 나쁜 영향을 주지 않는다는 사

〈표-2〉 콘크리트 공시체의 중금속 용출시험 결과 평균값(mg/L)

성분	한 국	일 본	중 국	기 준 치
수용성 C(VI)	0.000132	0.000008	ND	0.01
구리	ND	ND	ND	0.13
비소	0.000068	0.000014	0.000054	0.001
카드뮴	ND	0.000005	0.000004	0.0005
수은	0.000007	0.000007	0.000011	0.0002
납	0.000024	0.000022	0.000064	0.0015

실을 알 수 있다.

3. 콘크리트 호안블록이 생태계에 미치는 영향

가. 콘크리트 호안블록과 수질 오염

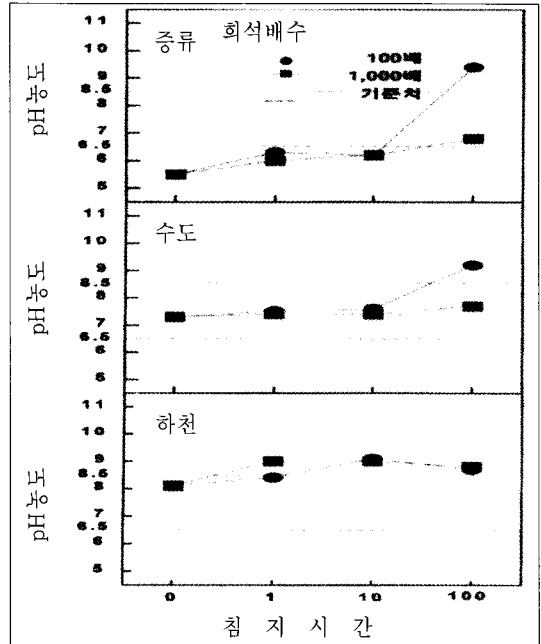
하천수의 수질오염은 도시하수, 산업폐수, 농경지 유출수, 대기오염과 산성비 등의 다양한 요인에 의해 발생한다. 수질악화는 하천의 자정능력 이상의 많은 오염물질이 유입되기 때문이며 이는 생태계에 직접적인 영향을 미치게 된다. 최근에는 하천 수질 오염원으로서 제방 호안을 위해 시공된 콘크리트 호안블록의 문제가 거론되고 있으며, 특히 수질오염 인자 가운데에서 높은 pH값이 문제시 되고 있다. 이와 같은 의혹은 이론적으로는 문제가 없는 것으로 판단되지만 이에 대한 정량적인 오염 정도를 검토하여 공학적으로 그의 실체를 파악해 놓을 필요성이 요구되었다.

1999년 한국콘크리트학회에서 호안블록의 수질오염에 관련된 연구를 실시하였다. 이 연구에서는 콘크리트 호안블록에 의한 수질오염의 관련성 여부를 정량적으로 검토하기 위하여 콘크리트 호안블록을 침지한 3종류의 실험수(증류수, 수도수, 하천수)에 대하여 희석배수와 침지시간을 변화시켜 수질분석을 실시함으로써 콘크리트 호안블록에 의한 수질오염의 문제점 유무를 파악하였다.

나. 호안블록에 의한 pH값의 변동과 수질오염

Point-Fix 법에 의하면 호안에 사용된 콘크리트블록으로부터 용출하는 알칼리가 pH 8.5를 초과하면 식물의 뿌리내리기에 나쁜 영향을 준다고 한다.

〈그림-1〉은 수도수, 증류수, 하천수 자체의 pH 및 이들 원수에 호안블록을 소정시간 침지시킨 후의 pH측정 결과를 나타낸 것이다. 수도수의 pH는 상

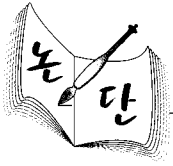


〈그림-1〉 침지시간 변화와 pH농도

수원수의 수질기준 6.5~8.5 범위내에 있으며, 증류수는 5.5의 약산성을 띠고 있고, 하천수는 8.2 정도로서 pH의 상한치 8.5에 근접하는 약알칼리성을 나타내고 있다.

희석배수 100배인 증류수와 수도수에 100시간 침지한 경우 pH는 8.5를 초과하고 있는바, 이것은 하천수 자체의 pH가 상당히 높은 상태에 있기 때문에 발생한 것으로서 전적으로 호안블록으로부터 알칼리 용출에 기인한 것으로는 판단할 수 없다. 희석배수 100배 이상, 침지시간 10시간 이내 및 희석배수 1,000배의 전체 침지시간에서는 pH값이 상한치를 초과하지 않으므로써 동식물의 생식에는 영향이 없는 것으로 분석되었다. 여기서 희석배수 100배는 하천폭 20m에 해당되며, 침지시간 10시간은 유속을 10m/분으로 가정할 경우 호안블록이 설치된 하천길이 6,000m에 해당되는 규모가 큰 하천을 의미한다.

和田 등은 사용된 보통콘크리트 블록, 재생콘크리트 블록, 수변의 물, 흙 등에 대하여 pH의 변화를 시공 직후로부터 허용한계치 8.6 이하가 될 때까지



계속적으로 조사하였으며 측정 장소는 하안에 연하여 물막이공의 상부, 중앙부, 하부의 3개소이다.

물막이공을 제거한 후 물막이공 주변의 물에 대한 pH를 측정한 결과 재생콘크리트블록을 사용한 경우 pH값은 시공을 위해 물막이를 실시한 상태에서 상중하부의 pH는 서서히 상승하여 최대치 11 정도에 달하고 있지만 물막이를 제거한 후에는 시간의 경과와 함께 저하하여 48일 이후 하천수의 pH와 거의 동등한 값에 도달하고 있다. 또한 보통콘크리트블록에서는 시공개시 후로부터 완료까지 7시간 동안 pH를 측정한 결과 물막이를 실시한 상태에서도 허용한계치를 초과하는 경우는 없으며, 그후 2일간 측정을 계속하였지만 pH는 상류의 물과 동등한 값을 나타내고 있으므로 알칼리 용출에 의한 하천생태계에 미치는 영향은 없는 것으로 보고하고 있다.

4. 홍수방지 및 식생 가능한 자연친화형 호안의 개발

가. 기존 하천 호안블록 교체에 대한 문제점

콘크리트 기존의 호안블록은 홍수나 재해로부터 제방을 보호하는 효과는 탁월하지만, 친수공간의 식생이라는 관점에서는 콘크리트 블록의 공극을 부족, 배수성능 저하 등 식물의 뿌리내리기에 시간이 걸리는 등의 문제점이 지적되고 있다.

지금까지는 하천을 치수관점에서 보아왔으나, 치수문제에 부가적으로 수질, 생태계의 보전, 물과 녹색의 경관, 하천공간의 쾌적성 등에 부응하기 위해 지금까지의 시책에 대하여 하천 관리 방침을 획기적으로 전환해가고 있다. 그러나, 친수공간의 조성에만 관심이 집중되어 기상이변에 의한 집중호우로 급작스럽게 하천이 범람하는 등에 대한 하천 안전성에는 소홀히 할 수 있다는 점을 지적하고 싶다. 갑작스런 기상 변화로 인한 하천 제방의 붕괴는 국민의 재산상의 피해는 물론 인명손상에까지 파급될 수 있다.

새로운 침수하천을 조성함에 있어 식물의 뿌리내

리기 등이 잘 되어 있는 기존의 호안은 콘크리트 블록을 사용하였다 하더라도 그대로 유지관리하면서 존속시켜야 한다. 서울의 양재천의 경우 기존의 호안블록으로 시공되어 있지만, 콘크리트 블록으로 시공이 되어 있는지조차 알지 못할 정도로 녹색공간이 확보되어 있다.

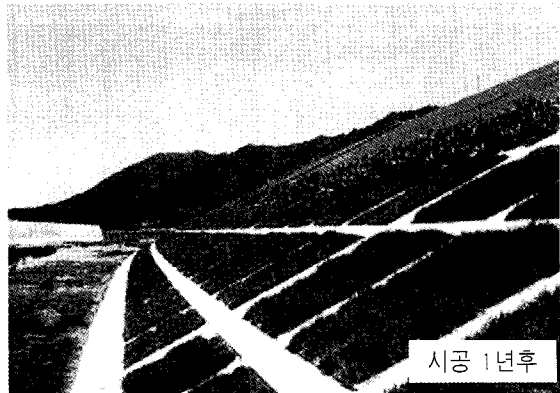
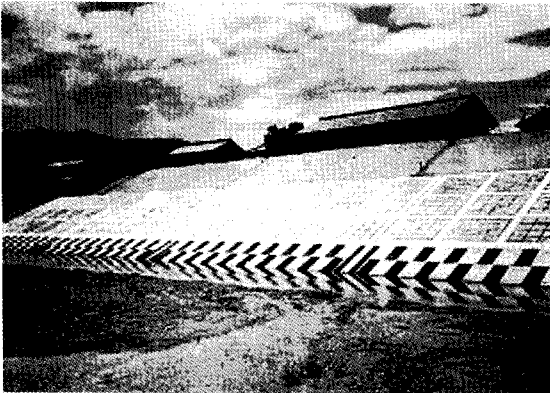
무분별하게 콘크리트 블록이라면 무조건 걷어내 버리는 방식보다는 제방의 안전성 확보를 위해 수리역학적인 관점에서 신중한 검토가 필요하다. 또한, 하천의 안전성을 충분히 확보하면서 자연과 공생할 수 있는 보다 환경적인 콘크리트 호안블록의 개발도 병행되어야 할 것으로 생각된다.

5. 자연과 공생하는 플러스콘크리트의 하천 호안블록 개발

플러스콘크리트는 굵은 골재에 시멘트페이스트 혹은 몰탈을 부착시킨 것으로서 연속 혹은 독립된 공극을 많이 가지고 있는 것이다. 플러스콘크리트는 많은 공극을 포함하고 있기 때문에 투수성이나 투기성이 크며, 생물의 식생공간을 제공할 수 있고, 수질정화에도 기여하며, 흡음효과 등을 가지고 있어 폭넓게 환경문제에 적용할 수 있는 콘크리트로서 주목받고 있다.

플러스콘크리트를 하천 호안에 적용하면, 제방의 침식방지기능을 확보하는 동시에 생태계의 보전, 경관, 침수성의 기능을 가지는 호안형식이 된다. 플러스콘크리트는 다공질이기 때문에 직접 식물을 정착시켜 이것을 저수호안에 사용하면 미생물이나 작은 동물이 서식하여 수질을 정화하는 작용도 있기 때문에 자연형 하천공법의 하나로써 주목받고 있다.

플러스콘크리트의 표면이나 공극에 미리 종자가 충전된 콘크리트를 식재콘크리트라고도 한다. 이것을 지반에 설치하는 것만으로 콘크리트 표면으로부터 식물이 발아, 생육한다고 하는 육화기능을 갖는다. 식재콘크리트는 자연환경의 재생, 구축에 공헌하



〈그림-2〉 호안블록 시공에 의한 생태하천 사례

고 있으며, 자연스러운 경관 디자인을 가능하게 하고 있다.

〈그림-2〉는 식재콘크리트를 사용한 하천 개수공사의 사례이다. 식재콘크리트 시공 1년 후에는 녹지가 풍부한 하천공간이 이루어지고 있는 것을 볼 수 있다.

6. 맺는 말

콘크리트는 시멘트폴로 골재를 접착시켜 만든 구조체이다. 시멘트에 문제가 발생하면 콘크리트는 성립할 수 없다. 최근에는 시멘트를 제조하는데 이르기까지 친환경이라는 측면에서 국민이 관심을 갖기 시작하였다.

건설기술자들은 콘크리트가 인체에 무해하다는

공학적인 판단을 가지고 있지만, 국민들의 입장에서 여러가지 의문을 가지고 있으며, 어찌 보면 당연한 일이라고 생각한다. 호안블록의 경우에도 그렇다. 그러나 건설에 관련된 기술자 특히 콘크리트와 관련된 기술자들은 이에 대한 대처에 적극적이지 못함으로써 많은 오해와 질타를 불러일으켰다.

출퇴근길에 중랑천에서 멀쩡한 콘크리트 호안블록을 건어내는 것을 보노라면, 마음이 매우 언짢다. 그러나, 현실은 그렇지 못하다. 이러한 현재의 상황을 잘 인식하고 우리 스스로를 반성하면서, 콘크리트에 대한 대국민 이해를 도모할 수 있는 체계적이고 과학적인 체제를 갖추어야 한다. 또한 보다 더 나은 친환경 콘크리트의 개발에도 우리들의 힘을 모아 야 할 때라고 생각한다. ▲

시사 용어 해설

▶ 디커플링(탈동조화, Decoupling)

한 나라 또는 일정 국가의 경제가 인접한 다른 국가나 보편적인 세계경제의 흐름과는 달리 독자적인 경제흐름을 보이는 현상. 크게는 국가경제 전체에서, 작게는 주가나 금리 등 국가경제를 구성하는 일부 요소에서 디커플링 현상은 나타난다. 주가의 상승·하락과 상관없이 움직이는 환율, 국제무역 수출입과는 다르게 움직이거나 또는 영향을 받지 않는 소비패턴 등을 디커플링의 예로 들 수 있다.