

|| 콘크리트의 공장제품 ||

환경 친화적 콘크리트 제품과 개발현황

- The Status on the Technology and Development of Ecological Concrete for Social Environment -



1. 머리말

과거 1세기를 통해 볼 때, 건축재로써 콘크리트의 범용적 선정우위는 향후 1세기도 다른 건축재로 대체될 가능성이 없지만, 환경친화적이고 인간공학적 요소를 강조하는 최근의 주거환경과 함께, 건축주는 회색 일변도의 획일화된 도시화로 발생된 상자형의 빌딩 습과 각종 시설물에서 탈피하고픈 욕구를 해결하기 위해 환경 친화적이고 고기능이 강조된 제품을 적용하여 페적한 주거환경과 생활공간을 창조하고자 다양하게 시도하고 있다. 이러한 시대적인 욕구를 충족하기 위한 용도와 기능의 제품은 다양한 형태로 환경친화적인 디자인, 기능, 용도로 개발되고 그 기능도 잘 홍보하여 적용되고 있으나 일부 제품은 이러한 변화에 대응하지 못하고 사양되고 있는 것도 사실이다.

이러한 현황을 고려하여 콘크리트 업계는 환경 친화적인 기능이 부여된 신제품의 가치창조와 경쟁력을 향상하기 위해 다양한 제품을 개발하고 있어 도로, 하천, 도시정비 등의 용도에서는 매우 성공적인 적용사례로 소개되고 있지만 이러한 환경친화적인 기능향상을 위한 개선 노력은 끊임이 없다고 판단된다.

환경친화형 제품은 크게 도로경관, 주거 환경개선, 하천 생태계 유지와 방재용, 건설환경개선용 등으로 구분되어 친환경형,

기능개선형, 친환경과 기능개선 병합형 제품으로 구별되어 개발되고 적용되고 있고, 본 자료는 이러한 용도의 다양한 형태의 제품과 그의 개발 현황에 대하여 검토하였다.

2. 하천경관과 호안블록

2.1 하천 정비사업의 진화

하천 정비사업의 변천을 보면 1960년대에는 자연 하천의 치수와 재해방지를 목적으로 “방재하천” 또는 토목공학적 기능위주의 정비사업이 주로 이루어졌다. 그후 1980년대 중반에는 하천 환경 정비사업이나 오염하천 정비사업 등은 하천의 저수로에 둘 블임과 고수부지에 초목식재, 산책로, 자전거길, 체육장, 주차장 설치 등 공원화 사업으로 “공원하천” 또는 “조경하천”이 조성되었다. 그러나 하천의 환경기능 중에 가장 기본적인 것은 생태서식처 기능이고 하천환경 개선사업의 진정한 목표는 하천을 공원화하거나 놀이장으로 만드는 것이 아니라 자연에 가깝게 되살아 난 “자연형 하천” 또는 “생태하천”에 개념이다. 도시하천에서 하천정비사업은 방재하천에서 “공원하천”的 유형으로 계속 복원·회복되겠지만 궁극적으로는 자연형 하천으로 전개되어야 할 것이다. 현재 건설교통부는 49개 국가하천에 대한 하천 환경정비를 위한 기본조사를 실시하고 하천의 생태계 복원과 수질자정 기능 향상을 위하여 친 자연형 하천정비 및 복원사업이 본격 추진되고 있다.^{1),4)}

* 정희원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 소장

** 쌍용양회공업(주) 기술연구소 책임연구원

*** (주) 기성콘크리트 대표이사

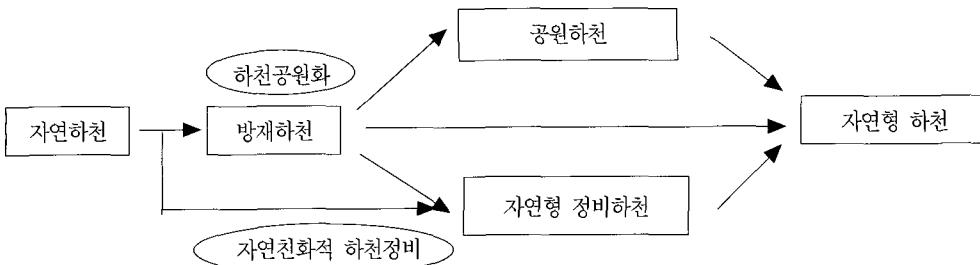


그림 1. 하천 정비사업의 시대적 진화

2.2 호안블록의 현황

어류, 파충류, 그리고 연어와 같은 회귀성 어류들이 하천의 사면에서 자유로이 서식할 수 있는 환경친화적 호안블록에 대한 출원이 급증하고 있다. 그간 하천의 기능은 치수관리에 치중하고, 하천에 서식하는 자연 생태계에 대한 관심이 저조하여 대다수 하천 사면은 단지 콘크리트 호안블록으로 건설되어 자연 생태계의 서식지 기능을 갖지 못하였다. 이에 대한 대안으로 현재는 유수 조절은 물론이고 하천의 생태계 및 경관 등을 강조한 자연 친화적인 호안블록에 대한 연구와 그의 산물로서 특허출원이 급증하고 있다.²⁾

최근 5년간 하천·해안 등의 수공(水工) 분야와 이에 속하는 호안블록의 특허출원을 보면 1997년도에 수공분야의 전체 130 건 중 6.2%인 8건을 차지하던 호안블록 출원이 2001년도에 수공분야의 전체 546건 중 26.9%인 147건로 증가하였고 1998년 대규모 홍수와 금년의 수해의 피해는 하천정비에 필요성이 높아지고 환경 및 생태계에 대한 관심이 더욱 고조되는 계기가 될 것이다.<표 1>

이런 호안블록의 개발과정에서 초기는 하천의 홍수방지와 하천의 유속을 감소시키기 위하여 단순한 형상의 콘크리트 호안블록이 제작되었고, 이후 환경에 대한 관심과 어류, 파충류 등이 살 수 있는 공간을 위한 어소블록이 제작되었고, 연어와 같은

표 1. 수공분야 및 호안블록의 년도별 특허출원 수

특허출원 수	년도 별				
	1997	1998	1999	2000	2001
호안블록(a)	8	15	34	66	147
총 수공분야(b)	130	191	247	402	546
구성비(a/b, %)	6.2	7.9	13.8	16.4	26.9

회귀성 어류를 위한 어도블록과 자연석을 부착한 자연석 호안블록 등이 개발되고 있다. 최근에 호안블록 내에 통공을 만들어 잔디, 벼드나무, 갈대, 물억새 및 갯벌 등이 식재될 수 있는 자연친화적 기능을 향상시킨 식생(재) 호안블록도 소개되고 있다.<표 2>

2.3 식생(재)

식생 콘크리트의 용도는 세가지로 구분되는데 ① 불안정한 토양의 초기 녹화기능, ② 일반 녹화기능(건축물의 옥상, 벽면, 실내녹화, 텁, 교량 등 대형 토목구조물의 녹화, 주차장 광장 등의 표면 녹화, 보도 표층의 녹화포장, 제방 및 호안 정지작업용 녹화기능), ③ 수질, 대기오염, 소음방지를 위한 기능(정화 블록, 도로주변 방음벽, 해양양식용 인공어초 및 수질정화)등 식생 콘크리트의 용도는 다양하고 시공방법은 현장 타설 및 프리캐스트 방법이 모두 적용되고 있다.

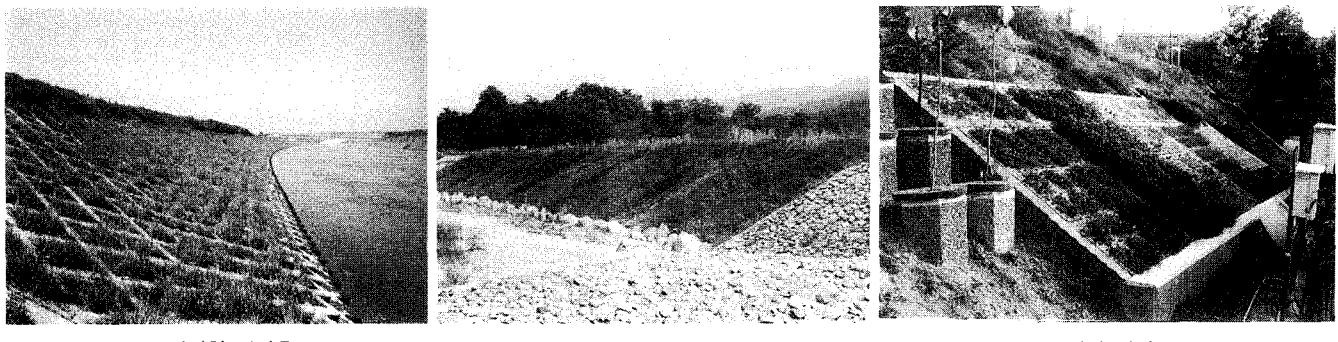
식생(재) 기술은 무 잔골재 기술을 이용한 식재 콘크리트와 식재공간을 확보하는 콘크리트로 나누어진다. 일본은 무 잔골재 포러스 콘크리트의 기술을 이용하여 독창적 개발된 식재 콘크리트를 조합을 형성하여 실용화와 보급을 공동사업으로 적극 추진하고 있다. 구미(미국)는 식재공간을 확보한 수직형 옹벽 보강토 블록이 주로 적용되고 있다. 특히 식재 수직 보강토 블록은 디자인 개발과 수직 식생이 가능한 식물(담쟁이 넝쿨 등)의 선정이 중요하다.³⁾

한편, 식생공간이 확보된 대형 구배형 사면 보강토 블록제품도 개발되어 자중에 의한 사면토양의 전단력 확보와 식재가 가능한 제품(섬유직물의 보강시공 생략)도 개발되고 있다.

이러한 제품의 개발로 형성된 호안블록 시장은 쇄굴방지, 호안

표 2. 자연 친화적 하천정비와 국내·외 기술개발

국내			
1960년대	1980년대 말	1990년대	1990년말
하천수 오염과 홍수를 방지하기 위해 하천변의 나무 둘 등을 제거하고 하천변에 콘크리트 호안블록 축조	친환경적 기능 보전과 개선 필요성이 제기	하천의 친환경적 기능 개선을 위한 연구 시작	양재천, 오산천, 경천 및 경안천 등의 시범지정하천에 대한 연구 결과 적용
			1960년대부터 환경에 대한 관심이 확산되어 자연친화적 하천공법이 개발·적용
			1980년대부터 자연친화적 하천공법이 개발·적용



a. 자연형 정비용

b. 호안정지용

c. 사면 안정용

그림 2. 하천 정비를 위한 식생 호안블록의 시공 예

정지, 친환경적 요소 등이 가미됨으로써 그의 전망이 매우 밝은 단계에 있다. 현재 국내에서 가공조합을 중심으로 단체 규격화 사례도 있지만 아직 식재제품은 도입단계이며 향후 시장전망으로 보아 우선적으로 기술개발(제조, 시공 등)과 홍보로 사업적 선점도 필요하지만 본 사업은 고유기술 노하우의 선점이 사업의 성패를 좌우할 것이다.

표 3. 국내 하천내 분포지역별 조사된 수종

분포 지역	주요 분포 수종
저수로 호안	갯벌들, 벼드나무, 능수버들, 눈갯버들, 왕버들, 뽕나무
저수로쪽 고수부지	왕대, 이태리포풀러, 양버들, 갯버들, 벼드나무, 능수버들, 왕버들, 뽕나무, 쭈제비싸리
제방쪽 고수부지	소나무, 해송, 편백, 왕대, 이태리포풀러, 은사시나무, 양버들, 왕버들, 개수양버들, 뽕나무, 조팝나무, 복사나무, 자귀나무, 아까시나무, 쭈제비싸리, 쌔리칡, 불나무, 가죽나무, 신나무
제방 및 제방사면	은행나무, 개잎갈나무, 편백, 은사시나무, 양버들, 왕버들, 개수양버들, 용버들, 밤나무, 느티나무, 느릅나무, 팽나무, 뽕나무, 벚나무, 양버즘나무, 조팝나무, 복사나무, 자귀나무, 아까시나무, 쭈제비싸리, 쌔리, 칡, 가죽나무, 참오동나무, 개나리, 무궁화, 신나무
인접산지	소나무, 상수리나무, 느릅나무, 팽나무, 쌔리, 칡, 붉나무, 신나무

2.4 생태계 보호

2.4.1 인공어초

나무가 없는 민둥산에는 먹이도 풍부하지 않고 숨을 곳도 없어 대부분의 짐승들은 이런 곳에서 생활하기를 싫어하는 것과 같이 바다 생태계에서도 동일하다. 나뭇가지를 엮어 호수나 강 또는 바다에 넣어두면 물고기들이 모여들며, 면바다에 침몰되어진 배 주위가 다른 어장에서 보다 많은 물고기가 서식하여 어획량을 더 높일 수 있다.

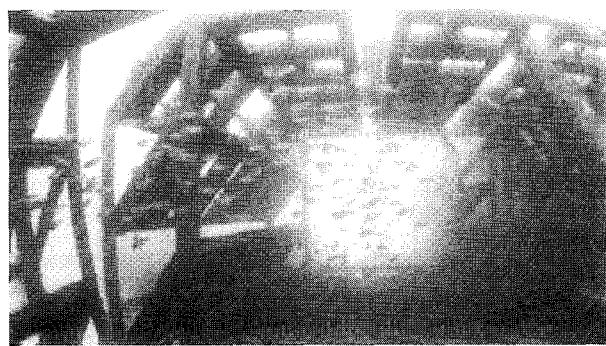
인공어초는 이러한 물고기의 습성을 이용하여 “수중에 인공적으로 산란장이나 서식장을 조성하기 위하여 시설하는 구조물”로 인공적으로 해저나 해중에 구조물을 설치하여 대상 해양생물을

정착시키거나, 끌어 모으고, 보호와 배양하는 어장시설이다.

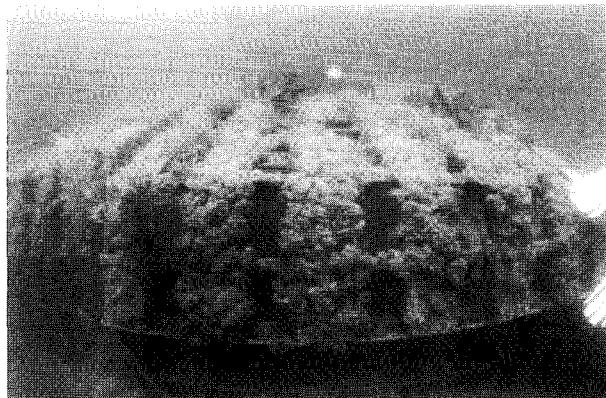
국내에서 인공어초가 처음 시설된 것은 1971년으로 1 m^3 의 크기로 제작된 콘크리트 사각형 인공어초 1,271개와 수명이 다한 선박 56척을 투하한 것이 인공 어초사업의 효시이다. 현재, 전국 연안에 약 100만개의 인공어초가 시설되어져 연안어장의 자원조성에 기여하고 있다.

이러한 인공어초는 대부분 콘크리트를 이용하여 만들고 있으며 그 모양은 각각의 생물 종에 가장 적합한 모형으로 제작된 다양한 인공어초가 개발되고 있다.²⁶⁾

투하된 인공어초의 효과를 보면 장소나 조사 기에 따라 차이는 있지만 인공어초가 시설되지 않은 어장에 비해 약 2~3 배의 어



a. 투하된 인공어초에서의 어류군 서식



b. 투하된 인공어초에서의 해초류 부착

그림 3. 투하 인공어초의 어류 및 해초류 서식

획량 증가효과를 보이고 있으며, 어획량 증가 이외에도 인공어초에는 각종 해초류가 부착하여 서식하고 이 해초류를 먹이로 하는 소라 전복 등의 패류와 초식성 어류들이 모여들어 안정적인 어장이 형성되고 있는 것으로 보고되고 있다.

2.4.2 Mound 어장조성용 콘크리트⁵⁾

전 해양의 0.1 % 밖에 안 되는 용승해역에서 어획 가능량이 50 %가 존재한다. 이런 용승해역은 하층에서 상층으로 올라가는 해류가 존재하고 용승류에 의해 하층의 풍부한 영양분이 공급되고 태양광도 도달하는 유광층 영역이라서 영양분이 증가하고 식물 프랑크톤이 증식되어 먹이사슬에 의한 생산성이 높은 어장이 형성되기 때문이다. 이런 용도로 사용되는 콘크리트는 각종 산업 부산물을 활용한 경화체 블록이 고려될 수 있다. 형상치수과 강도은 운반, 운반선의 적재 용이성, 수화발열 온도저감, 부괴증대를 위한 중공구조, 적재 안정성 등이 고려될 필요가 있으며 1면 1.6 m 무게 6톤의 블록이 5,000개가 투하되어 길이 120 m, 높이 12 m Mound 어장을 구축한 예가 있고 어장 조성 후에 식물 프랑크톤의 광합성 색소 크로로필 a의 농도가 약 1.4 배로 증가된 것이 인공위성(OCTS, SeaWiFs, 1996년 11월 ~ 1999년 9월, 일본 나가사끼현 해역)을 이용해 관측되었다.

2.4.3 게가 서식하는 호안(어소)블록⁶⁾

하천이나 연안에 적용되는 호안블록은 자연형 하천 및 생태계 형성을 강조하고 각종 어류 생태계를 형성할 수 있는 먹이사슬 군의 서식장으로 역할을 요구되고 있다. 이런 어류군의 생태계는 게를 중심으로 한 어류 생태유지가 중요하고 게가 서식할 수 있는 어소형 호안블록이 개발되고 있다. 먹이사슬을 보면 조류와 식물 프랑크톤의 1차 사슬과, 게와 유생, 그리고 동물 프랑크톤류의 2차 사슬, 절목망등 등의 3차 사슬, 농어, 가제미, 장어와 같은 4차 먹이사슬로 연결되는데 자연형 하천정비용 호안블록은 2차 먹이 사슬군이 서식하는 호안블록의 적용이 강조되고 있다.

2.5 유수 조절과 환경 친화적 디자인

방제와 공원형 하천정비를 위해 많이 사용되고 있는 호안블록은 다양한 시공장비를 활용한 기계화 신속시공과 호안의 안정성을 제고하는 형상과 식재공간 확보형의 호안블록이 주종을 이루고 있다.(그림 4)

3. 도로 경관과 기능성 제품

3.1 환경친화적인 도로 정비⁷⁾

뚜렷한 사계절과 지역마다 다양한 자연환경을 가지고 있는 금수강산의 다양한 자연환경은 소중하게 관리하여 후대에 물려줄

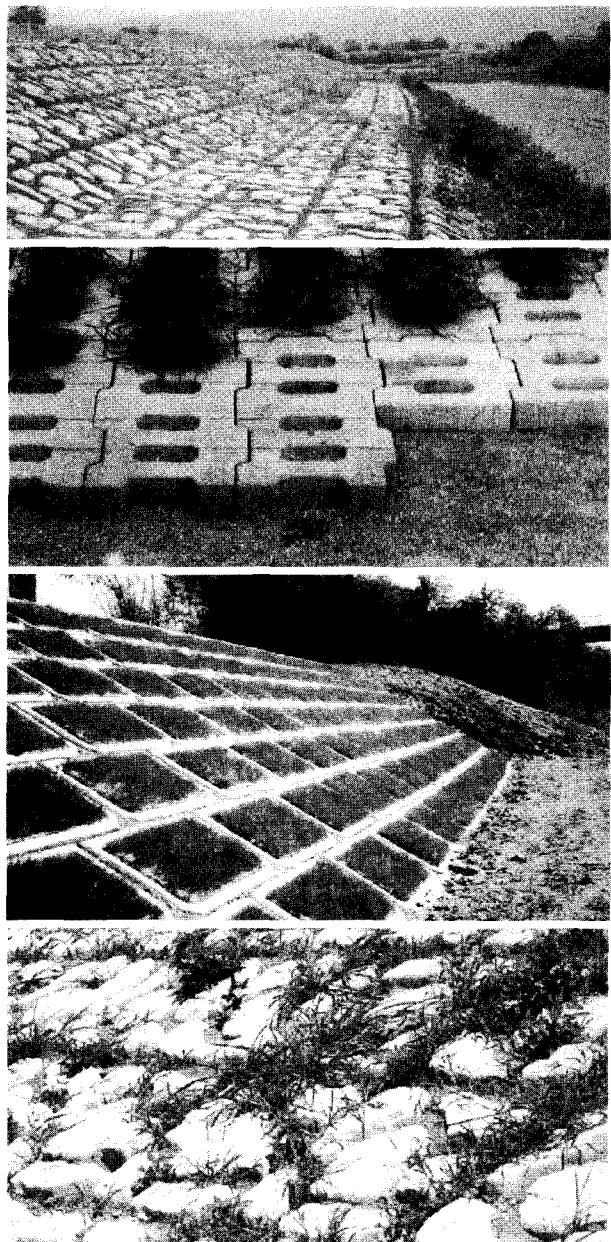
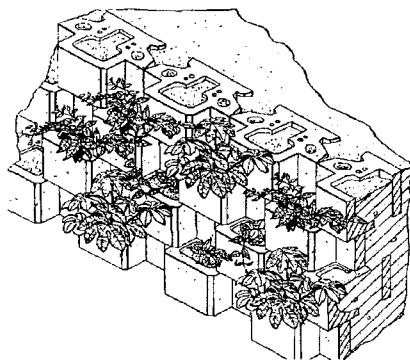
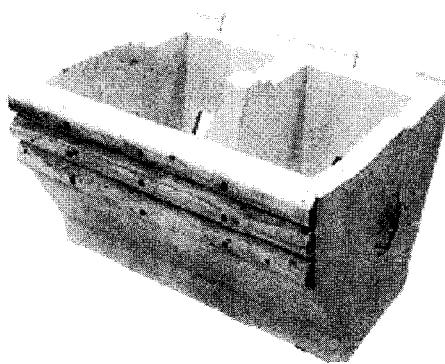


그림 4. 유수조절 및 호안정비용 식생호안블록

수 있어야 하겠다. 특히 도로정비와 건설사업에서는 이러한 개념에서 생태계와 생물 다양성을 보전하도록 배려해서 풍부한 자연환경을 보전할 수 있도록 정책시행이 수립될 수 있도록 사회 각 층의 다양한 형태로 의견이 제시되고 있다. 한편 도시내 자연이 점차로 줄어들고 있어 도시 지역내 자연을 되살리는 노력이 필요한데 이러한 도시 주변의 도로를 정비하는데 있어서 자연을 영위하는데 충분히 배려하고 사면, 환경시설대, 휴게소 등의 용지를 잘 이용하여 각 지역별로 적절한 자연환경을 적극적으로 조성할 필요가 있다. 따라서 도로 정비사업은 조사계획, 설계, 시공, 유지관리의 모든 단계에서 도로 규모와 주변의 자연 상황에 따라 강구해야 할 대책에 서로 차이가 있지만 모든 단계의 대책이 환경친화적인 도로의 관점에 맞쳐서 추진해 갈 필요가 있다. 최근 생태계는 한 번 파괴되면 그 회복에는 많은 시간이 소요되므로



수직 식생용 제품(미국 예)

수직 식생용 제품(국내 예)
그림 5. 방음수직벽 시공을 위한 식생화 블록 제품(예)

수직식생 및 환경조화

생태계를 보전을 위해 도로 정비에 의한 자연환경을 현저하게 바꾸지 않는 것, 즉 생태계의 균형을 무너뜨리지 않도록 배려하는 일을 심각히 고려하는 보고가 제출되고 있다. 그러나 도로건설은 환경(생태계)에 영향을 미치지 않을 수 없으므로 이 영향을 어떻게 최소화시키느냐가 중요하며 자동차 1,000만대 시대를 맞이한 우리로서는 어느 정도의 희생을 감수하더라도 자연에 순응하는 도로를 만들어 환경을 보전하는데 도로용 경관제품을 제조하는 기술자들도 함께 동참해야 함이 시대적 요청이다.

3.2 도로의 흡음과 차음

주거지내의 교통소통이나 공동 주택내의 이웃에서 발생된 소음은 주거환경을 열악하게 하고 분쟁의 소지를 앓고 있는 문제이다. 대체로 음원, 전달경로, 차음, 흡음으로 구별하여 시행되고 있는데, 주로 방음벽에 의한 차음대책과 재료 내로 흡수시켜 음을 차단

표 4. 방음벽의 유형별 재료분류 및 형상

기능별	재질별	방음벽의 형상
흡음형 방음벽	금속재 방음벽	철판 또는 AI판내에 Glass Wool 등을 내장시킨 형태
	금속재컬러형 방음벽	금속재 방음판을 표면을 특수도장처리하여 색채조화성을 가미함
	플라스틱 방음벽	플라스틱 성형물내에 흡음재를 내장시킨 형태
	세라믹 방음벽	세라믹볼을 소결하여 철판 등의 보강재로서 패널을 형성한 형태
	방음블록	시멘트블록을 별도의 개구형상으로 만들어 공명흡음되도록 한 형태
	발포 콘크리트 방음벽	발표된 콘크리트표면에 의해 흡음되도록 한 형태
반사 방음벽	목재방음벽	목재의 형태를 내부에 흡음재를 충진한 형태
	콘크리트 방음벽	PC 또는 시멘트압출판의 형태
기타 방음벽	투명 방음벽	플라스틱계 투명판을 AI등의 뼈대로 고정한 형태
	간접형 방음벽	방음벽 상단에 원통형 또는 Slit형상을 설치함으로써 소음이 회절전파될 때 간접현상에 의해 저감효과를 높이게 한 형태

하는 흡음대책으로 구분된다(표 4). 차음재는 치밀하고 일체구조를 갖고 밀도가 큰 중량재가 고 주파수의 소음에 대한 투과손실에 유효하지만, 특정 주파수영역에서 코인 시스템 효과로 투과손실 저하현상이 발생되어 주로 이중벽 시스템으로 시공한다. 한편 흡음재는 음파를 흡수하여 음파의 파동 에너지를 감소시키는 원리로 매질 입자의 운동에너지를 재료에 마찰이나 점성저항 및 진동을 유발시켜 열에너지로 전환되어 소비시킨다^{16), 17)}. 여기서 흡음재는 재료 자체의 성질, 뒷면의 공기층, 시공조건, 입사음의 주파수, 입사각도 등의 조건에 영향을 받는 것으로 알려져 있다.

환경부의 방음시설 성능기준에서는 250, 500, 1,000, 2,000 Hz의 음에 대한 흡음률이 평균 70% 이상으로 규정하고, 도로공사 특별시방서는 400 Hz음에 70 % 이상, 1,000 Hz음에 대해 80 % 이상을 표준으로 한다. 여기서 콘크리트은 차음과 흡음재료로서 훌륭한 특성을 갖는 재료이므로 용처별 소음원리가 적용된 차음과 흡음제품의 개발과 환경 친화적인 소음설계와 시공이 상호 접목이 필요한 분야이다.

3.3 보·차도용 블록

인터록킹 블록은 색채 불감(색채 부조화)에서 색채 개발, 디자인적 개발, 화면과 표면조직을 추구하는 화면 표면개발과정을 거쳐 현재는 도시환경과 기능을 고려한 인터록킹 블록시대로 전환되었고(그림 6) 그의 용도도 도시 경관과 주행선 구분의 보차도 용만 아니라 중하중 교통도로, 공항 활주로 주변도로, 초·중하중(축하중 100톤) 컨테이너 터미널 등에 시공사례가 자주 보고되고 있다.⁸⁾

이러한 전환의 추진력은 인터록킹 블록포장의 설계규격화와 코드화에 따른 노반, 배수, 동상 유무, 차륜 하중과 반복 등의 설계에 사용하는 Rockpave 포장설계 프로그램 등장과 친환경 디자인 설계가 컴퓨터 그래픽을 활용하게 되었으며 또한 기계시공으로 1인 50 m²/일 시공에서 1인 400 ~ 600 m²/일로 시공능률이 향상되어 대량 포설이 가능하게 되었기 때문이다. 이와 같은 발

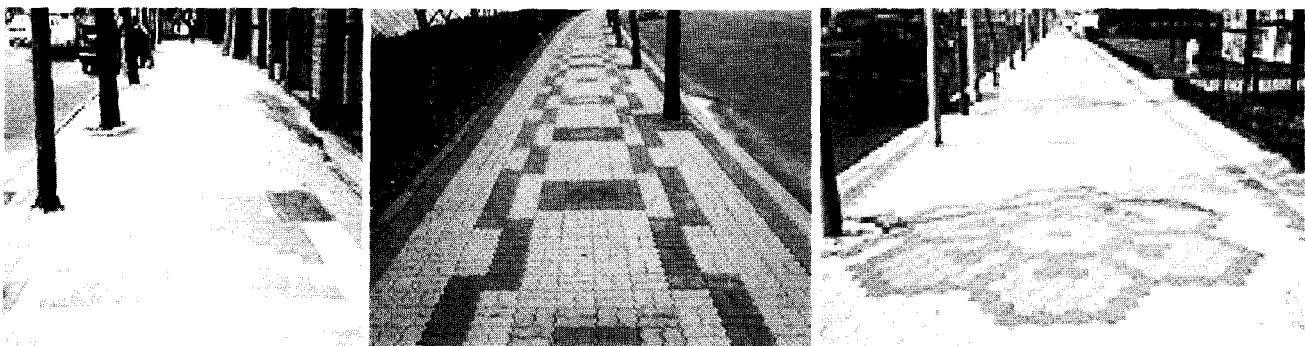


그림 6. 다양한 형태의 보도용 인터록킹 블록의 시공 예

표 5. 인터록킹 블록 권장기준(미, 조적재 협회(TEK 75)참조)

적용	기초층 두께		조립블록 두께	비고
	배수 잘 되고 건조한 지역	낮고 습한 지역		
경하중지역	7.5 cm 이상	10 ~ 20 cm	6 ~ 8 cm	승용차 도로, 정원길, 수영장, 인도, 주차장, 자전거전용도로, 임시 포장도로
중하중지역	10 ~ 15 cm	25 cm	8 cm	시장, 주거지시가, 공공 주차장, 버스주차장, 교차로, 우회도로, 야영장, 농업장비적차장 등
초중량지역	20 cm	30 cm	8 ~ 10 cm	30톤이상 시내도로, 진입로, 주유소, 항만도로, 공단 하치장

전에 힘입어 일본 군마현 같은 곳에서는 전 도시를 폐락공간으로 하는 인터록킹 포장블록 시공사업에 추진이 가능하게 되었으며 또한 최근에는 이산화 티탄의 광촉매를 이용한 대기정화 콘크리트 보도블록이 미쓰비시 메트리얼사를 주축으로 “도로포장용 콘크리트 블록 Noxer”를 보급하고 있는데 그의 판매량은 약 8,000 m²/년 수준이다.

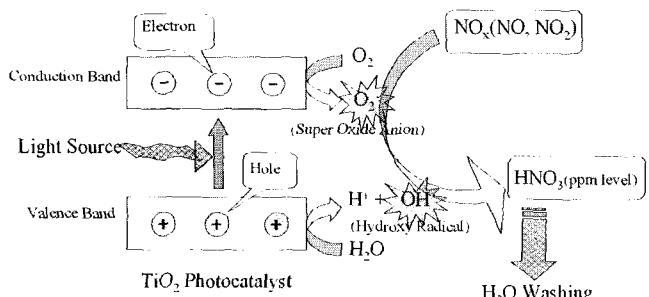


그림 7. 광촉매에 의한 NOx 제거 기구

3.4 보강토 옹벽, 교량 보호블록⁹⁾

보강토 공법은 기원전 4 ~ 5,000년 전으로 거슬러 올라가나, 전면블록 사용은 1960년대 미국 콘크리트 크립(crib)옹벽 시스템으로 소개되었고, 1984년에 활용이 보편화되었다. 블록형 보강토 블록은 1986년에 시작되어 1996년까지 약 10만회 이상의 시공보고가 있으며 해당분야의 약 25 %를 차지하고 있다. 국내에서도 우수한 경제성, 수려한 외관, 시공성으로 블록형 보강토 옹벽의 활용이 활발하고 주로 골프장, 주택과 공장부지, 도로변 절개지 보호용으로 적용되고 있다. 통상 전면블록의 저항력은 약 14톤/m²로 설계

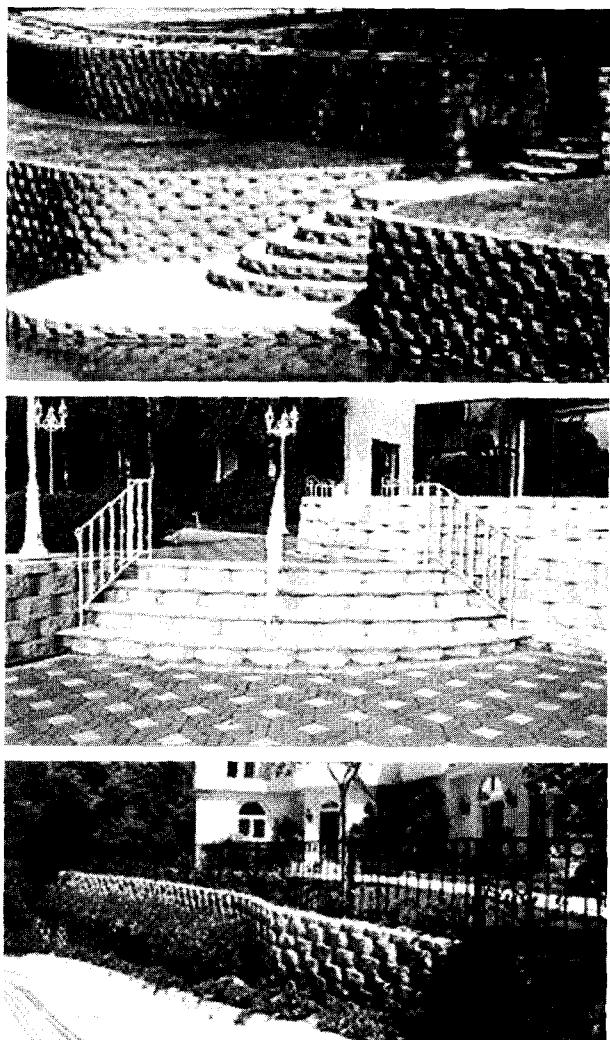


그림 8. 보강토 옹벽에서 전면블록의 다양한 사용 예

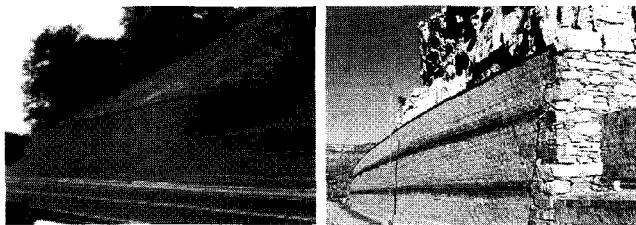


그림 9. 도로변 경관조성과 절개지의 보호를 위한 전면블록 사용예

되는데 실측된 수평토압은 약 $3.3 \text{ 톤}/\text{m}^2$ 이므로 안정한 블록시공으로 평가되고 있다.

4. 도시환경과 옥상녹화

4.1 옥상녹화 지원

일정 면적 이상의 건축물을 지을 때 대지면적의 5 ~ 15 %에 조경을 하도록 의무규정을 두고 있으나, 고밀도 도시여건을 고려하여 옥상 조경을 할 경우, 법적 조경의무 면적의 30 ~ 50 % (높이 2 m 미만 경우, 100 %) 정도까지 인정해 주고 있다. 이러한 이유는 옥상의 추한 모습을 개선하는 효과와 도시의 토지활용도를 높이기 위해서이다. 일부 지자체는 현재 옥상녹화의 민간 참여를 활성화하기 위해 옥상면적 50평 이상 상업용 건물과 아파트, 30평 이상의 어린이집과 유치원의 녹화비용을 최대 50 %까지 지원하는 정책을 시행하고 있다.

4.2 옥상녹화 제품과 요구특성

옥상녹화에는 수목이 자라기에는 적절하지 못한 환경 때문에 전문 시공과 보조장비, 인공토양, 시공 후 유지관리가 뒤따라야 기대하는 효과를 거둘 수 있고, 실제 수목재료 비용보다 방수처리, 배수판, 경량토양 등 부대 재료구입 등에 더 많은 비용이 필요로 한다. 기술적으로, 수목 생리적으로 고려해야 할 옥상녹화는 <표 6>과 같고 옥상녹화용 콘크리트 제품은 아직 출시되어 있지 않지만 경량성과 함께 식물이 자랄 수 있는 환경조성, 그리고 원활한 배수시설 등이 고려된 제품이어야 한다.

표 6. 옥상환경과 녹화의 고려사항

옥상 환경특성	옥상녹화시 고려사항
하중 (토양, 수목, 시설물, 이용자)	경량토양, 얕은 토심, 작은 수목(관목)
바람 (건조 및 풍도)	수목 지지대, 바람막이 시설, 건조방지
햇빛 및 온도 (극단적 온도변화)	겨울 : 월동, 여름 : 관수, 보수성 토양
습도 (방수, 갈수기 및 수평 수직배수)	식재기종 방수, 배수 고려한 다공질 토양

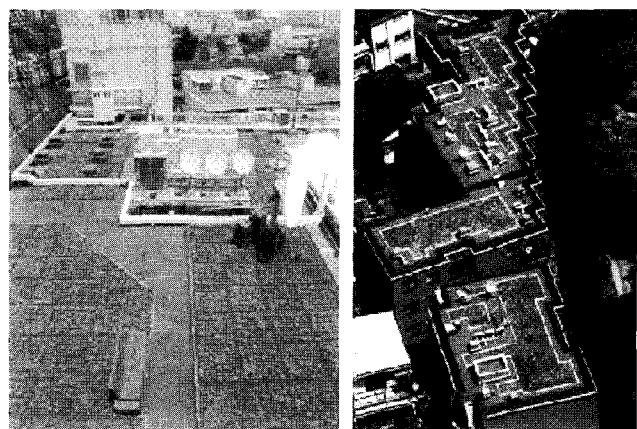


그림 10. 옥상 녹화 사례(일본)

4.3 도심내의 지하천 복원

서울특별시의 지자체 공약사업으로 도심환경개선을 위한 지하천(청계천)의 복원사업과 아울러 하·오수관 정비사업이 계획되고 세부적인 실천계획(안)들이 제시되고 있어 도심 환경개선을 위한 구체화된 친환경 관련 제품의 개발이 요구되고 있다.²⁷⁾

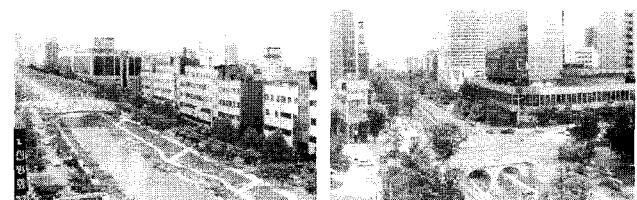


그림 11. 청계천 복원사업후의 모식 상상도(예)

5. 환경친화적 고성능 제품의 개발

환경친화적 건축재료은 에너지 절약(제조나 사용, 성능에서 에너지를 절감하는 재료), 인체건강(인체에 유해하지 않은 재료), 자원이용(공해와 지구온난화, 오존층 파괴 등 위험요소를 줄이고 자원보존, 수질개선 등에 일조하는 재료), 폐기물관리(폐기되는 양을 감소시키고 재이용이 가능하며 생물학적 분해가 가능한 재료) 등을 만족해야 하며 이런 환경친화적 건자재의 개발 요소기술은 <표 7>과 같다.

5.1 소음, 진동, 양생 free 제품(속경성 SCC 제품)

PC 공장 제품은 대형·장대화되고 복잡한 형태와 고강도를 요구함으로써 충진성이 더욱 어려워 고도 진동장비가 요구되며, 이 때 발생되는 소음발생과 제작자의 정성어린 노력에도 형틀 손상에 따른 유지비용이 커지고 있다. 또한 제작후 거취를 위한 수동도 좁은 도로폭과 교통소통을 위한 대형화 장대화 제품의 도로이용이 어렵고 수송차량도 마땅히 못 해 운송부담이 커지고 있

표 7. 환경친화적 건축재료의 개발 요소기술

요소기술 및 개발 필요	내용	기대효과
에너지 저소비 소재	생산에 소비되는 에너지가 적은 건설재료	에너지 사용량 절감
고내구성 건설자재	장수명, 고성능의 건설재료	자원 사용량 절감
천연, 재생소재 이용 자재	자연소재, 재생, 재활용 소재를 사용 생산된 건설자재	에너지, 자원 사용량 절감, 폐적한 실내환경 제공
건설자재의 유효이용	시공시 자재절감을 위한 관리 및 시공기술	자원 사용량 절감
환경악화재료 사용억제	목재와 같이 재생 기간이 긴재료 사용억제	자원 사용량 절감, 환경보존
폐기물 절감 및 재활용	폐기물이 작고 재활용이 가능한 건설재료	자원 절감, 환경부하 절감

다. 따라서 현지 야적장에서 제작장을 마련해 생산하는 경우가 빈번하나, 정규설비를 갖추지 못하고 품질관리와 소음발생에 따른 분쟁의 소지도 내재하고 있다.

이러한 문제를 해소할 수 있는 방안으로 제공된 속경성 고강도 자기충전 콘크리트(SCC, Self Compacting Concrete)는 건설 환경 변화에 따른 시대적 대응으로 판단된다.^{11),12)}

표 8. 속경성 자기충전 고강도 콘크리트의 특성

특성	요구물성	비고
1일 강도	16 ~ 35 N/mm ² 이상	탈형강도 이상
슬럼프 플로우	65 ± 5 cm	2 ~ 8 cm
28일 강도	45 ~ 60 N/mm ² 이상	-
공기량	4 ± 1.5 %	-
양생조건	무 증기 자연양생	-
사용재료	시멘트 첨가제 감수제	조강 시멘트 조강재 고성능 감수제

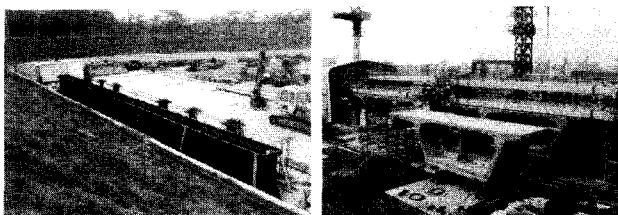
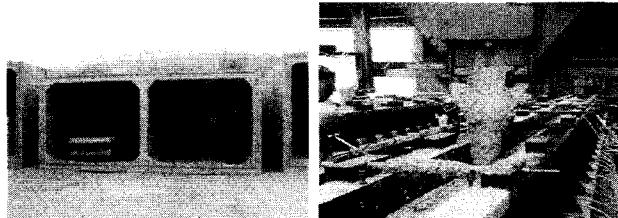
그림 12. 장대 PSC 빔(40 m)^{13),14)}, 대형 PSC Box 거더 제작 현장

그림 13. 대형 box culvert(한국)와 자기충전 콘크리트의 타설(네덜란드)

5.2 환경친화 PC 복합화 공법 제품

건설폐기물의 배출을 적게 하고 생산시에 이산화탄소의 발생이 적은 공법이 건설현장에서 선호되고 있다. 이런 목적의 완전 PC

공법은 200만호 건설(1988년) 공약에 의한 전성기 이후, 거주 성능과 환경이 현장 타설공법에 비해 떨어져 선호도가 급락하였고 1998년 완전 PC형 아파트의 건설이 24층까지 완화되었지만 PC 제품의 활성화가 쇠퇴된 이후가 되었다. 그러나, 건설사를 중심으로 PC 공법과 현장 타설공법의 장점을 결합한 환경부하가 적은 PC 복합화 공법의 필요성이 인지되어 WPC(Wall Precast Concrete)복합화 공법, WRPC(Wall Rhamen Precast Concrete)복합화 공법, RPC(Rhamen Precast Concrete) 복합화공법, HPC(Steel Reinforced Precast Concrete) 복합화 공법이 개발되고 있으며^{14),15)} 이런 공법은 슬래브에는 현장 타설 슬래브 또는 부분 PC 슬래브를 사용하며 시공순서는 적층공법의 순서를 따른다. 그리고 각종 접합부는 현장타설 콘크리트를 사용한다. 현재 이런 공법은 지하 주차장 PC화 공법이 시공상 문제점을 해결하여 아파트 현장에서 많이 적용되고 있다. 향후 본 공법은 다양한 기능성(차음, 흡음, 단열, 고강도 등)이 부과된 PC 제품이 적합된 고강도 기능형 PC 복합화 공법용 제품개발도 기대해 본다.

5.3 하수도 관거용 항균제품

하수시설에서 하수오염으로 발생한 황화수소 가스는 황산화세균의 작용으로 황산으로 변화하고 콘크리트 부식을 일으키며 부식 메커니즘은 <그림 14>와 같다. 현재 부식을 일으키는 세균증식을 억제하는 항균제가 흡관, 추진관, 맨홀, 등에 적용이 검토되고 있다. 일본에서는 콘크리트 공장제품 73개 제조사가 항균 콘크리트연구회에 가맹되어 있고 황화수소 가스의 발생으로 열화되는 하·오수 관거울 보증하는 하나의 대안으로 제시하고 또한, 과형강관(아연도금), PE 피복 과형강관 등에 경쟁력 할 수 있는 방안으로 제시되고 있지만 실용적이고 고유 재료특성을 이용한 제품의 외압내력의 규격상향과 콘크리트의 내구성 증가시켜 제품의 내구년한을 20 ~ 50년 이상으로 대응하는 방안도 제시하고 싶다.

여기서 일본의 항균 콘크리트는 표준 내구년수를 50년으로 밟히고 있고 이런 콘크리트를 제조하기 위한 항균제는 1997년 이후 약 6만 5,600 kg 실적을 갖고 있으며 이것은 콘크리트(첨가량 시멘트 중량 약 1%)로는 약 3만 3,000톤에 해당된다.

표 9. 화학물질별 황산화균의 항균력

항균	<i>Thiobacillus thiooxidans</i>	<i>Thiobacillus intermedius</i>	<i>Thiobacillus versutus</i>
온·동담체(분체)	50	10	8
니켈 금속분	80	100	100
은분	500	300	500

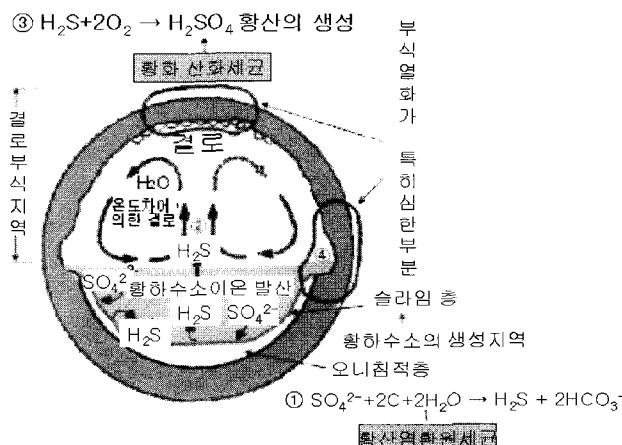


그림 10. 콘크리트 부식기구

6. 결언

최근, 콘크리트 제품은 점차 시공환경이 열악하고 환경 파괴적인 인식이 부각되어 친환경적인 건설정책전환, 공법도입과 제품 개발 등이 필요로 하고 있다. 특히, 하천 정비사업, 도로 정비사업, 도시녹화와 환경개선을 위한 지속적인 시책 전환에 대응하는 건설공법의 도입과 제품의 개발과 그의 기능 향상은 매우 활발하게 전개되고 있다. 이런 제품을 친환경 제품, 친환경 건설용 제품이라고 불리며 이런 용도의 제품으로 하천용 호안블록, 도로변의 경관용 보도블록, 절개지 보완용 보강토 블록, 육상녹화 블록, 건설과 시공환경을 개선하기 위한 기능성 제품과 관련 콘크리트의 개발과 생산동향을 소개하였다.

향후 친환경 용도의 제품 개발과 관련된 특허, 실용신안 등록은 더욱 증가될 전망이며 이런 개발노력이 더욱 활발하여 전개됨으로써 관련 산업의 부가가치와 환경 친화적이고 또한 요구기능이 충분히 갖추어진 건설재료로 콘크리트 제품의 인식이 바꿔야 하며, 이러한 개발이 소비자의 사용빈도와 선호에 우선되기를 바란다.

본 자료는 한국과학재단 지원 “콘크리트 신제품 신기술연구회(회장 이종렬)”의 연구활동과 협력에 의해 조사된 결과이며 참여 회원사 “기성(이준근), 대왕(정성명), 삼성(허규판), 상원(오부

영), 선진(한재명), 신흥(이근호), 일성(나용철), 한산(안무열)”에 감사드립니다. ■

참고문헌

1. 우효섭, “하천 환경개선 사업의 평가와 전망”, 건설기술정보, 2001. 9, pp.1~8.
2. 특허청 심사4국, 특허분석자료, 2002. 6. 3.
3. 엄태선 외, “콘크리트의 경량화 및 녹생 보강토블록의 제조기술 조사연구”, 쌍용기술연구소, 2001. 8.
4. 건설교통부, 자연친화적 하천관리지침, 2002. 1. 24.
5. 福留 和人 外, “フライッシュ 硬化体のマウンド漁場造成への適用”, コンクリート工學 Vol.38, No.12 pp.17~22 .
6. 櫻瀬 信夫 外, “カニが生息できるコンクリート護岸の開発, セメントコンクリート”, Vol.641 pp.48.
7. 최병국, “환경친화적인 도로정비”, 건설기술정보, 1998. 1 pp.16~22
8. The 6th International Conference on Concrete Block Paving, proceedings., Sep. 2000.
9. The 80th TRB Meeting, proceedings., 2001. 1.
10. FHWA, Special Roadway Aesthetic Treatments Photo Album Workbook, 2001. 2.
11. 엄태선 외, “속경성 자기충전 콘크리트의 기초 특성연구”, 콘크리트학회 가을학술발표 논문집, Vol.14, No.1, 2002.
12. 엄태선 외, “조강시멘트를 이용한 속경성 자기충전 콘크리트의 품질 및 활용성 평가 연구”, 콘크리트학회 봄학술발표 논문집, Vol.14, No.1, 2002.
13. 엄태선 외, “교량 장경간 PSC빔을 위한 고강도 콘크리트의 개발 연구”, 콘크리트학회 가을학술발표 논문집, Vol.10, No 2, 1998.
14. 배규웅, “환경친화적 PC복합화 공법”, 건설기술정보, 2000. 11 pp.41~46.
15. 민병렬, “환경친화적 건축기술의 연구방향”, 2000. 11. pp.2~7.
16. 특허 제 114066호, 초경량 발수 콘크리트 흡음재 제조법.
17. 특허 제 181779호, 강체 경량기포 흡음블록의 제조방법.
18. 실용신안 215238호, 고강도 콘크리트를 적용한 PSC Beam교량의 설계와 제작방법 및 작업성과 내구성이 확보된 PSC Beam용 고강도 콘크리트의 배합설계와 제조방법.
19. 이종렬 외, 콘크리트 신제품 신기술 연구회, 신기회, 활동보고집 No.1~No.13, 2000.~2002.
20. US Patent 5601384, Plantable Retaining Wall.
21. US Patent 5741339, Vertical Wall Planter.
22. (주)자연과 환경, 제품 Catalogue.
23. 덕성기업, 제품 Catalogue.
24. (주)신흥, 제품 Catalogue.
25. (주)한림에코텍, 제품 Catalogue.
26. 해중, 제품 Catalogue.
27. 청계천복원추진본부, 청계천복원사업 추진현황, 2002. 9. 18.