

레미콘技術動向

그린콘크리트

최근에 콘크리트에 식물이 자랄 수 있는 공법에 대한 관심이 높다. 일본에서 출원된 몇개의 특허를 통하여 녹화콘크리트를 만드는 방법을 비교한다.

녹화콘크리트의 기본원리는 콘크리트 자체에서 식물의 발아와 성장이 가능하도록 콘크리트를 만드는 것으로 연속다공체로 되어 콘크리트에 식물의 성장환경(수분, 영양)을 부여하도록 만든 것이 특징이다.

지금까지 콘크리트에 식물을 재배하기 위한 문제점으로는 ① 콘크리트중의 수분이 높은 알칼리성을 나타내고, ② 식물의 발아공간, 즉 뿌리가 자라는 근착공간이 없고 함수량이 적으며 투수성, 보수성이 적다. 또 ③ 식물의 생육에 필요한 영양분이 없다는 점 등이다.

이러한 문제에 대해서 식물의 생육에 필요한 토양의 공극률은 40~60%, 물의 pH는 5~8로서 적어도 9.5이하가 되어야 한다.

따라서 식물콘크리트개발시의 목표치는 pH 9.5이하, 공극률 30%이상의 목표치를 두고 개발한다. 콘크리트의 골격은 잔자갈과 경량골재 등의 굵은골재와 소량의 시멘트페이스트로 형성된 연속공극체이다. 시멘트는 고로시멘트 C종 등의 알칼리성이 적은 것을 사용하고 알칼리를 억제하기 위하여 필요에 따라서는 인산2암모늄

에 의한 중화처리를 하게 된다. 이것은 弱酸으로 시멘트 중의 알칼리를 中和하고 콘크리트에서 생성된 인산염은 難溶性이기 때문에 알칼리溶出을 억제하게 되고, 인산염 자체는 비료로도 이용할 수 있다.

또 保水材로는 피트모스라는 원예토를 이용한다. 그리고 薄層容土로서 콘크리트 표면을 덮게 되는데, 이것은 녹화콘크리트의 표면에 고착하여 수직벽에서도 사용될 수 있다.

환경콘크리트는 미관상, 안정성이 우수하여 호안, 도로변의 조경공사, 콘크리트벽면 녹화 등에 폭넓게 이용될 수 있다. 현재 도로공사시에 깎아내린 산의 안전공사에는 낙석이나 토사 유실을 막기 위하여 그물을 치고 잔디씨와 펄프를 배합한 시드스프레이(Seed Spray)를 과량 뿌리거나 보통 회색콘크리트를 타설한다. 그러나 환경콘크리트를 이용하면 이러한 벽면조경 등의 다양한 분야에 응용될 수 있을 뿐만아니라 수중 등에서 사용이 가능하고 녹조류 등의 해양 식물도 콘크리트에 서식이 가능하며 양식사업과 유기물분해에 의한 수질정화도 기대할 수 있다. 그리고 제품으로 판매되어 아파트 베란다 공원의 산책로 등에도 사용될 수 있다.

적용가능한 식물로는 육상에서는 잔디, 아이비, 쉐더키블루베리, 진달래, 서양잔디, 소련맥문동 등이고, 수중에서는 각종 수조류의 생육이 가능하다.

최근의 기술개발동향을 기술요소별로 정리하면 다음과 같다.

(1) 연속다공체 제조

- ① 연속기포도입
- ② 골재와 시멘트페이스트로 혼합하고 철망 등의 위에서 진동에 의해 성형
- ③ 有機長纖維를 혼합하여 燃燒시키거나 아세톤 등으로 녹임
- ④ 中空 아크릴사 이용
- ⑤ 인공경량골재 이용
- ⑥ 스폰지상의 多孔質 변형제 사용
- ⑦ 기타

(2) 사용재료

- ① 시멘트는 포틀랜드시멘트, 고로슬라그시멘트, 알루미늄시멘트, 고허산염슬라그시멘트 등
- ② 혼화재료는 실리카흙, 플라이애시.(연탄재, 고로슬라그 미분말, 석분, 콘크리트폐재 미분말), 점토류, 바닷가 진흙 등이 사용 가능
- ③ 골재는 쇄석, 강자갈, 재생골재, 인공경량골재, 슬라그 골재 등
- ④ 혼화제는 알카리억제제, A/E감수제, 고성능감수제 등 사용
- ⑤ 保水材로는 히트모스(원예용 흙), 吸水폴리머(아기기지귀, 생리대 등의 재료), 스폰지상의 膨脹材 등에 흙과 혼합하거나 독립적으로 사용하며 이외에도 다양한 재료가 있을 수 있음.
- ⑥ 비료는 액체비료나 원예용 흙 등이나 수분을 이용

(3) 용도에 따른 차이

- ① 패넬로 하거나 블록으로 할때는 구조재로 하거나 구조재적 성격이 있는 경우에는 보강철을 설치하기도 함.
- ② 현장시공은 녹화콘크리트 자체를 영구거푸집으로 이용하여 콘크리트를 타설하거나 타설할 콘크리트등의 표면에 적당한 연속기포 처리를 한 후 종자를 혼합한 모르타르를 뿜칠한다.

- ③ 철근을 설치하기 보다는 FRP나 비닐끈 등의 보강재를 설치하기도 함

(4) 식물의 이식

- ① 연속다공체의 기포에 진동으로 흙과 종자, 비료 등을 다져 넣음
- ② 표면에 薄層畧土
- ③ 패넬이나 현장시공시에는 표면에 종자를 섞은 모르타르 뿜칠(시드스프레이 형태)
- ④ 콘크리트타설시에 종자 혼합(패넬, 블록, 현장타설)

(5) 전 망

- ① 조경공사에 대한 수요급증 예상
- ② 자연환경의 보전 측면에서 유리한 상품
- ③ 현장시공과 패넬, 블록 등의 다양한 형태의 제품이 가능함
- ④ 수요처도 건설공사뿐만 아니라 가정용 등으로도 판매 가능
- ⑤ 향후에는 점토벽돌, 세라믹제품 형태의 제품도 개발될 여지가 있음

(6) 현재의 문제점

- ① 완벽한 형태의 제품 없음
 - ② 대체로 고가임(일본의 시공사례에서 경사면 구매가 1:1, 1:2인 경우에 m²당 30,000—35,000엔 정도가 소요되었는데, 국내에서 시공할 경우에 m²당 100,000원 이상 예상됨)
 - ③ 제조프로세스가 복잡함
 - ④ 초기 기술개발 단계로 향후 어떤 형태의 제품이 석권할 지 알 수 없음
 - ⑤ 시공능력과 경험보다도 우수한 제품생산과 기술개발로 시장을 석권할 수 있음
 - ⑥ 다양한 용도 개발, 다양한 식물에 응용하기 위한 과제가 남아 있음
- 동 기술과 관련하여 현재 일본 竹中工務店(日公開 卍4-295071) 등에서 몇건의 특허를 출원한 상태이다.

日本の 콘크리트분야 民間 開發 建設技術

— 日本 土木研究센터의 評定 —

일본에서는 1988년 부터 (財)土木研究센터에서

민간에서 개발한 건설기술에 대하여 의뢰자의 신청을 받아 기술평가를 하고 있다. 여기서 평가되어 인정을 받은 기술은 건설성대신의 인가에 의한 권리를 획득하게 되고 각종의 혜택이 주어지게 된다.

지금까지 콘크리트분야에서 기술평정을 거친 기술은 다음의 표와 같다

번호	技術名稱	依頼者	評定日	概要
1	親水性 緩傾斜 護岸 블록 「테라스블록」	日本테트라포트(株)	1989년 3월	해안의 경사면 보호블록
2	고로슬라그계 고강도·고내구성 콘크리트 「NEM콘크리트」	日鐵시멘트(株)	1989년 3월	고로슬라그를 10 μ m 이하로 미분쇄하여 수화성상을 향상시킨 혼화재로서 콘크리트의 압축강도를 700kg/cm ² 이상의 고강도와 내마모, 내동해, 내화학적 등이 우수
3	側溝덮개용 GRC제형틀 「KC폼」	(주)JFB	1989년 3월	GRC형틀을 이용하여 도로측구를 현장시공
4	파쇄제 「진사이저」	大成建設(株) 日本工機(株)	1989년 12월	암반, 콘크리트 등의 고효율 저진동 파쇄제
5	콘크리트구조물 보수용 고로슬라그계 주입재 「하이스트」	日鐵시멘트(株)	1990년 3월	고로슬라그, 시멘트, 석고 등을 일정비율로 혼합하여 고미분말의 무기계콘크리트 보수용재료로 0.05mm까지의 미소균열까지도 주입하여 보수 가능
6	폴리머함침 콘크리트에 의한 高耐久性 埋設형틀재 「PIC폼」	大成建設(株)	1990년 3월	섬유보강콘크리트에 폴리머를 함침시킨 고내구성의 콘크리트 매설형틀
7	레진콘크리트재 耐酸 排水管 「퍼펙트 파이프」	麻生시멘트(株)	1990년 3월	원심력성형 레진콘크리트관
8	초된비빔 콘크리트용 혼화제 「포졸리스 RD-100」	(주)NMB 포졸리스物産(株)	1990년 3월	RCD공법용 혼화제
9	콘크리트 구조물용 보호피복재 「렉스코트」	大板시멘트(株)	1991년 3월	알칼리골재반응, 염해등에 의해 손상을 받은 콘크리트구조물의 보수와 방지용의 보호 피복재
10	推進공법용 RC관 「W조인트」	등촌혼관(株)	1991년 12월	이음부의 특성을 향상시킨 곡선부분에도 사용이 가능한 추진관
11	초된비빔콘크리트용 혼화제 「선프로CD」	山陽國策필프(株) 선프로(株)	1992년 3월	RCD용 콘크리트 혼화제
12	콘크리트 구조물용의 세라믹제 철근 스페이서 「DK세라·스페이서」	岡部(株)	1992년 3월	세라믹제의 고강도 철근 스페이서
13	콘크리트 이음부 처리제 「디스퍼라이트」	日本죽고우(株)	1993년 3월	콘크리트 이음부분의 혼화제
14	콘크리트 이음부 처리제 「루가졸」	日本시카(株)	1993년 3월	콘크리트 이음부분의 혼화제

자료 : セメント・コンクリート(日), no.575, pp.23-28, 1995

再生콘크리트를 이용한 蓄熱시스템

日本住宅・都市整備公團에서는 건축물의 解體時에 발생하는 콘크리트 폐기물의 再活用을 촉진하기 위해 住宅都市研究所내에 再生콘크리트를 이용한 蓄熱시스템의 연구실험을 계획하고 있다. 동 연구소는 1996년 7월 오픈을 목표로 현재 공사가 진행중이다. 일본에서 再生콘크리트의 재활용율은 '93년에 63.4%, '94년에는 63.7%를 기록하였다. 그리고 향후의 재생이용률은 점차 높아질 전망이다.

蓄熱시스템은 동 연구소의 環境工學 실험관내에 설치되는데 여기서는 遮音, 高齡化 대비 차세대주택, 정보통신 서비스, 환경에 유리한 에너지 절약형 시스템 등을 연구하고 체험하기 위한 실험실이다.

여기에서 再生콘크리트의 蓄熱시스템은 에너지를 줄이기 위한 技術研究實驗의 일환으로 室內暖房負荷를 줄일 목적으로 再生콘크리트 덩어리를 蓄放熱材로 이용시의 효과를 檢證하게 된다.

재생콘크리트의 蓄放熱 實驗은 4가지의 운전모드가 설정되는데, 겨울철의 낮과 밤, 여름철의 낮과 밤의 4가지 패턴에 대하여 각각의 실험이 이루어진다.

자료:セメント・コンクリト(日).no.575, pp.54-55, 1995

콘크리트폐재의 재생기술

콘크리트의 폐재 발생량을 정확하게 예측하기는 곤란하지만 일본의 경우에는 10년후에 연간 1.31억톤, 20년 후에는 연간 1.85억톤씩 계속 증가될 것으로 보고되고 있다. 이것은 건축허가

면적, 투자수요 등을 회귀분석에 의해 예측하고 있다. 일본의 일본개발은행에서 전자의 방법으로 예측한 향후 일본의 콘크리트 발생량에 따르면 2000년에는 6.6억톤, 2010년에는 8.1억톤, 2020년에는 10.2억톤씩 콘크리트폐재가 발생할 것으로 예측되어 향후 콘크리트기술의 주요한 관점이 콘크리트폐재의 효율적인 처리와 재활용방안에 모아질 것이라는 것을 짐작할 수 있다.

그러나 지금까지는 대부분이 토목공사 특히 도로 노반재 등에 사용되고 있고 부가가치가 높은 구조재료로는 거의 이용되지 못하고 있다. 향후 콘크리트폐재를 본격적으로 이용하기 위해서는 골재로서 재이용하는 기술개발이 시급하다.

최근의 연구결과에 따르면 콘크리트폐재의 자갈모래, 시멘트페이스트를 100% 재활용하는 방안이 검토되고 있는데, 지금까지의 시험결과에 의하면 28일 압축강도가 66.9Mpa에 이르는 콘크리트 생산에 성공하고 있다.

자료:コンクリト工學, vol.33, no.1995

콘크리트기술의 最前線

근착 일본의 콘크리트공학 3월호에는 콘크리트분야의 최근기술의 실태와 향후의 개발방향을 특집으로 신고있다. 각 분야별 콘크리트기술의 최신기술 중에서 특히 중요한 기술을 정리한다.

(1) 콘크리트재료

- ① 시멘트—저발열형 시멘트, 고유동콘크리트용 시멘트, 강도콘크리트용 시멘트
- ② 골재—건식 쇄사설비, 이동식 파쇄기
- ③ 혼화재—양질의 플라이애시, 고품질의 규산질 미분말, 실리카흙 대체재의 초미립재료 개발
- ④ 혼화제—각종 기능성을 부여한 고성능

- AE감수제, 범용형 혼화제
- ⑤ 섬유 — 연속채의 탄소섬유, 아라미드섬유, 설계·시공방법·품질규격 및 시험방법의 확립
- ⑥ 시멘트혼화용 폴리머 — SBR, PAE, EVA, MC, PVA, 재생수지
- ⑦ 철근 — 방식철근, 비자철근, 내염성 PC강재, 고강도철근, 철근대체 무기재료
- ⑧ 콘크리트폐재 — 재생골재, 재생시멘트

(2) 콘크리트 제조기술

- ① 제조설비시스템 — 골재의 입도변동 대응설비, 골재의 표면수변동 대응설비, 온도변동 대응설비
- ② 믹싱기술 — 분할믹싱, 수분 분할투입, 잔얼음조각을 이용한 방법, 고흡수성 폴리머 이용, 믹싱방법의 융합시스템
- ③ 프레쿨링 — 액체질소, 진공냉각방식
- ④ 관리기술 — 센서 수분계, 슬럼프 모니터, 슬럼프 제어형 자동수분조정, 레미콘 품질관리시스템

(3) 콘크리트 품질관리기술

- ① 레미콘 — 골재의 표면수 대응형 수분조정 시스템, 조기강도 판정법
- ② 초된비빔 레미콘 — 재료관리시스템, 품질관리시스템
- ③ 조기품질판정법 — 1시간에 콘크리트 강도 추정법, 염화물 및 알칼리골재반응의 조기 판별
- ④ 원자력시설 — 초유동콘크리트, 초고강도콘크리트, 프레쿨링시스템
- ⑤ 댐콘크리트 — RCD공법용 재료관리, 강도관리시스템

(4) 시공기술

- ① 운반·타설 — 타설로봇, 타설의 자동화
- ② 다짐 — 자동화·로봇화, 다짐불요 콘크리트, RCD용 다짐시스템

- ③ 마감공법 — 미장로봇, 스크리드, 셀프레벨링재 개발
- ④ 거푸집공사 — 하프슬라브, 영구형틀
- ⑤ 철근의 가공, 조립 — 프리패브 철근시스템
- ⑥ 정보화시공 — 자동화적합형 철근콘크리트 공법(ARC), 개량된 RM구법
- ⑦ 균열제어기술 — 특수시멘트, 특수혼화제, 건조수축 균열 해석기술

자료 : 콘크리트工學, vol.33, no.3, 1995

古紙를 이용한 거푸집패널

일본 西松建設(주)에서는 고지를 이용하여 합판대체용의 콘크리트 거푸집재를 개발하였다.

개발된 제품의 특징은 다음과 같다

- ① 신문지 등의 저급지를 사용할 수 있다.
- ② 건식공법으로 배수처리가 필요없다.
- ③ 하판에 필적하는 물성을 얻을 수 있다.
- ④ 계속해서 리사이클이 가능하다.
- ⑤ 목재와 같이 가공조립이 가능하다.
- ⑥ 경제적이다.
- ⑦ 배합조정에 의해서 강도나 밀도 등의 물성을 조절할 수 있다.

주요한 용도로는 콘크리트 거푸집, 수송용 팔레트, 단열재, 가구용 기재 등에 이용될 수 있다.

건설분야의 특허분쟁 급증

일본에서는 최근에 건설기술의 개발과 더불어 기술의 권리화에 따른 특허소송이 급증하고 있어 국내 건설업계에도 큰 관심을 불러일으키고 있다. 기술권리에 대한 특허분쟁이 건설업계도

타 산업분야와 마찬가지로 기업의 중요한 기술 정책의 핵으로 떠오르고 있는 것이다. 공동 기술개발 파트너사이끼리의 분쟁, 퇴직한 사원이 회사에 대한 보상요구 등 그 사례도 다양하다.

이 중에서 콘크리트구조물의 절단 해체공법에 대한 최근의 분쟁이 관심을 끌고 있는데, 콘크리트구조물 해체공사를 전문으로 하는 다이모사가 1985년에 특허를 출원하였고 1987년에 특허 공개가 이루어졌다. 1988년 第一다이아몬드공업, 大林組 등의 회사를 주축으로 다이아몬드 와이어소공법 연구회가 발족되었지만 특허를 출원한 다이모사는 동 연구회의 가입을 거부하고 독자적인 와이어소닝공법협회를 설립하였다.

그러나 1992년에 동 특허가 공고되었고 그 후 大林組, 鹿島, 第一다이아몬드공사 등에 특허청에 이의신청하였으나 받아들여지지 않고 드디어 1994년에 특허가 등록되기에 이르렀다. 이에 대해 帝都高速度交通營團, 大林組, 鹿島 등의 3사가 특허청에 동 특허의 무효심판을 내기에 이르렀다.

동 특허의 무효심판을 청구한 측에 따르면 이러한 기술은 이미 일반적으로 알려진 기술이고 1981년 터널 전문잡지에 상세한 기술내용이 소개되었다는 것이다. 그러나 다이모사는 많은 비용을 들여서 독자적으로 개발한 기술이고 특허 신청절차에 아무런 하자가 없다고 주장하고 있다.

그런데 이와같은 경우에는 만일 특허의 권리가 계속 효력을 가진다면 이미 이러한 기술을 사용하고 있는 수많은 기업이 특허권에 발목을 잡히게 되고 다이모사는 기술에 대한 막대한 권리금을 챙길 수가 있다. 전문가 등에 따르면 다이모사가 받게 될 기술료가 엄청날 것으로 추산되고 있다. 한편으로 동 특허가 무효판결이 내려지면 기술개발의 주체사는 아무런 권리도 가질 수 없다는 점이다. 따라서 이 문제에 대한 일본 건설업계의 관심은 대단하고 이제 특허기술의 본질적인 문제로까지 파급되고 있다.

이 외에도 최근 특허분쟁이 진행되고 있는 대

표적인 케이스는 표준공법으로 채용한 지방자치단체의 폐기물분쟁의 매립 조성공법에 대한 소송, 기초말뚝 시공방법, 아스팔트 재생처리장치, 굴삭기의 오거헤드, 방음벽 등의 다수의 특허가 분쟁에 휘말리고 있다.

대개의 특허는 출원에서 부터 특허권을 얻기까지는 상당한 기간이 소요됨을 감안할 때 국내 건설업체에서도 이에 대한 세심한 준비와 적극적인 보호대책이 필요하다 하겠다.

산업폐기물 소각재로부터 기포콘크리트 생산

일본 에코라이트공업은 일반 쓰레기나 산업폐기물의 소각재로부터 건축재 등에 이용할 수 있는 발포콘크리트 에코라이트와 그 제조시스템을 개발했다.

플랜트 가격은 30톤 처리능력의 것이 5,000만엔(부속품 포함)이다. 현재 에코라이트공업이 위치한 신시천현 내의 각 상사와 공동으로 산업폐기물의 재생사업을 진행하고 있다. 현재 일본에서 소각재는 가정쓰레기의 경우 인구 10만명당 약 12.3톤이며, 산업폐기물의 경우는 그것의 1.5배의 양이 배출됨으로서 지방자치단체나 기업은 처리에 큰 어려움을 겪고 있다. 많은 지방자치단체 등에서는 콘크리트로 고형화하여 처리하고 있으나 에코라이트공업은 이를 건재 등으로 사용할 수 있게끔 개량하였다.

시멘트와 소각재를 혼합하여 발포시킬 때 기포를 균일하게 분포시키고 소각재내의 유해물을 시멘트의 수화반응에 의해 완전히 고형화하였다. 에코라이트는 다공질이어서 체적의 30%가 기포이기 때문에 경량으로 단열보온성이 좋고 차음효과도 높아 패널이나 타일 기둥 등의 건재로 활용할 수 있다고 한다.

또한 다공질은 오히려 매연의 필터 능력을 갖고 있어 오염수나 유해가스의 정화제로서도 이

용이 가능하다. 더우기 입상으로 하여 토양에 혼합하면 토지의 보온, 보수성을 높이고 미생물의 번식을 촉진하여 유기비료로도 활용될 수 있다는 것.

콘크리트구조물의 보수, 보강에 CCA공법 주목

탄소섬유를 콘크리트구조물의 보수, 보강재로 사용하는 CCA공법이 주목을 받고 있다. CCA공법이란 카본파이버 애플리케이션의 약자로서 탄소섬유를 건축, 토목에 응용하는 공법이다. 원래는 굴뚝의 보수에 사용된 것으로 최근에는 본격적으로 콘크리트구조물에 응용 범위를 넓히고 있다.

이 공법은 보강부분에 접착제가 되는 에폭시 수지를 바른 다음 탄소섬유시트를 붙이고 다시 수지를 바르는 것이다. 철판으로 보강하는 방법과 비슷하나 철판의 경우 보다는 경량이다. 특히 탄소섬유 메이커 들이 기대하고 있는 분야는 고속도로의 교량 보강이다.

지금까지 고속도로에서 주행이 인가되어 있는 대형 트레일러는 중량 20톤이 상한선이었으나 미국의 규제완화로 25톤까지 허가되고 있다. 이것을 수용해 일본 건설성에서는 고속도로의 교량보강이나 도로이면의 내구성, 강도의 재점검

에 착수하고 있는데 강도가 불충분할 경우에는 CCA공법의 사용을 인정하고 있다.

비중 1.2의 초경량콘크리트 개발

일본 大成建設은 大日本인크 化學工業 등 7개사와 공동으로 무게가 보통콘크리트의 1/2에 불과한 비중 1.2의 초경량콘크리트의 개발에 성공하였다.

이러한 초경량콘크리트를 건축물에 사용하면 자체의 死荷重을 줄일 수 있어 구조부재 자체의 단면을 줄일 수 있게 되고 철골기둥이나 철골보의 단면도 줄일 수 있게 된다.

大成建設 측에서는 20층 건물을 대상으로 시산한 결과 단면은 4~7% 정도 불일 수 있음을 확인했다. 비중 1.2의 초경량콘크리트에는 새로 개발된 초경량의 고강도 골재가 사용되었다. 여기에 사용된 재료는 쇄석, 쇄사의 생산에 발생하는 미립의 토사를 1,700~1,800℃로 서성하면 발포하게 되는데 이 때의 비중은 0.7~0.9 정도로 물에 뜰 정도로 가볍다.

기포량은 6%를 사용한 콘크리트 배합설계에서 오토클레이브 양생에 의하지 않고 증기양생법 만으로도 210kg/cm²을 달성하였다.

〈提供: 産業技術情報院 責任研究員 文 英鎬〉