

불황에 허덕이는 미국 콘크리트업계

지난 1990년도의 미국 콘크리트업계는 큰 몸살을 앓았고, 이러한 추세는 1991년도에도 계속될 것으로 전망되고 있다. 작년 미국 건설경기의 침체, 특히 북동부지역의 전반적인 건설경기의 하락과 3/4분기 동안의 주택 건설경기가 20%나 크게 떨어지면서 전반적으로 콘크리트업계에도 큰 타격을 주고 있다.

그 중에서 지난 한해동안 미국 레미콘업계의 집계에 의하면 1990년의 총레미콘 생산량은 2억7천3백만 Cubicyd에 이르렀으나 1991년에는 3% 정도 감소할 것으로 추정되고 있다. 그러나 이러한 추세에도 불구하고 대부분의 레미콘업자들은 이러한 불경기가 단시간에 끝날 것으로 예측하고 있다. 실제로 1989년도에 전체 레미콘업자의 27%가 시설용량을 늘렸고, 1990년에는 30%정도가 설비투자를 확대했다는 것이다. 그리고 올해

(표1) 지역별 레미콘 생산량 변화 추이

지역	1990(%)	1991(%)
북중부	2.7	-6.2
북동부	-10	-5.3
남부	9	0.5
서부	-3.4	-2.4

의 레미콘 공급가격은 작년 수준에 머물 것으로 추정되고 있다.

여기서는 미국 포크랜드시멘트협회, 레미콘협회 등에서 조사한 자료와 수요예측자료를 레미콘 관련자료 위주로 발췌하였다.

(표2) 용도별 프리캐스트 제품의 구성비(1990)

용도	비율
정화조	20%
건축부재	16%
지하매설관	14%
조경공사용	6%
슬라브	6%
맨홀	6%
농업토목용	4%
기타	38%

(표3) 콘크리트 분야별 지역별 증감 추이
(금액) (1990) 단위 : %

	북중부	북동부	남부	서부
프리캐스트	2.84	1.48	4.31	1.65
파이프	1.67	-2.83	1.88	-1.71
프리스트레스트	2.30	-4.0	1.10	1.50
벽동	3.53	-1.93	1.43	6.88
레미콘	0.17	-1.06	0.74	1.13

(표4) 1991년 레미콘업계의 장비 수요예측
단위 : 백만\$

품 목	금 액
배 칭	473
트 렉	394
믹 싱	48
컴퓨터	20
실험장비	1

(표5) 1991년 레미콘 업계의 장비구입비와 구입자 비율 추정
단위 : 천\$

품 목	평균지출금액	장비구입자 비율
배칭장비	187	21%
믹싱장비	180	10%
트럭	164	50%
실험장비	8.5	7%
컴퓨터장비	16	20%

球狀化 시멘트 개발

—日本 清水建設에서
고속 氣流中 충격법에 의해—

일본 清水建設은 시멘트입자를 球狀으로 바꾸는 새로운 시멘트를 개발했는데, 이 시멘트로 콘크리트를 제조하면 콘크리트의 유동성, 강도, 내구성 등을 대폭 향상시킬 수 있다는 것이다.

東京大 교수에 의해 제안된 ‘고속기류중 충격법’ 이론을 근거로 개발된 이 시멘트는 콘크리트의 물시멘트비를 낮출 수 있기 때문

에 콘크리트의 여러가지 물리화학적 성능을 개선시킬 수 있다는 것. 동사는 小野田시멘트등과 공동으로 플랜트의 개발과 공법의 설계로 2년 후에는 실용화할 계획으로 있다.

고속기류중 충격법은 팬을 사용하여 초속 100m의 고속기류를 발생시키는 장치에 보통의 포틀랜드시멘트를 투입하여 시멘트 입자가 서로간에 고속으로 충돌하게 하는 방법이다. 충돌된 시멘트 입자는 분쇄·혼합되면서 시멘트입자 표면에 직경 1 μ 이하의 부서진 입자가 부착·고화된다. 이때 시멘트 입자는 둥근 모양을 형성하게 되는 것이 전체적인 기본원리이다.

보통시멘트의 입자는 평균 13.5 μ 정도로 전자현미경을 통해서 시멘트입자를 살펴보면 각이 지고 모양도 각양각색이다. 이것을 고속으로 충돌시켜 모난 것을 없애면서 평균입경을 10.1 μ 정도의 균일한 형상의 둥근시멘트를 얻게된다. 결국 새로 형성된 시멘트입자는 미세분말에 피복된 다층구조의 마이크로캡슐구조가 된다.

실제로 실험실 규모에서 球狀化시멘트를 제조하기 위한 처리시간은 보통시멘트 투입량 800g의 경우에 약 3분이 소요되었다고 하는데, 원래의 시멘트 입자로 부터 부서진 미세분말이 어떻게 시멘트입자에 다시 부착되면서 강한 결합구조를 갖게되는지는 해명되지 않고 있다.

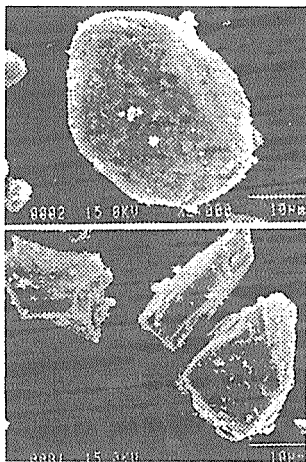
球狀化시멘트를 이용한 콘크리트는 시멘트 입자가 불베어링역할을 가지면서 콘크리트를 치밀하게 充塡시켜 콘크리트의 유동성이 향상된다. 또 콘크리트의 반죽수량을 줄이므로 압축강도가 높아지고 공급량이 거의 없기 때문에 대기중의 탄산가스에 의한 콘크리트의 劣化를 억제하는 高耐久性 기능도 갖게된다.

같은 조건에서 제조된 球狀化시멘트와 보통시멘트를 사용한 콘크리트의 여러가지 물성실험결과에서 특수시멘트를 사용한 콘크리트의 압축강도는 30~50%정도 향상되었고, 압축강도 1,400kgf/cm²를 초과하는 超高强度

콘크리트의 타설실험도 성공하였다는 것.

즉, 물시멘트비를 16% 하였을 때, 보통시멘트를 사용한 경우는 콘크리트의 슬럼프값이 0 이 되고 유동성도 전혀 없는 반면, 특수시멘트를 사용한 경우에는 슬럼프값이 25cm로 높은 유동성을 나타내었다. 그러므로 시공시에 바이브레이터에 의한 다짐작업도 필요없기 때문에 콘크리트 타설작업을 자동화하기가 훨씬 쉬워진다.

同社는 球狀化시멘트를 콘크리트타설의 로봇화에 활용하는 한편, 매스콘크리트의 온도균열대책, 해양구조물의 鹽害대책, 한냉지의 콘크리트공사 등에 폭넓은 온도확대를 진행중인데, 특수시멘트의 개발사업에는 小野田시멘트와 공동으로 진행할 예정으로 있다.



球狀化시멘트 입자(위)와 보통시멘트 입자(아래)의 현미경 사진

고강도콘크리트용 액체실리카흙

콘크리트의 강도를 높이기 위해 액상의 혼합재료(실리카흙슬러리)가 최근에 개발되었는데, 재료의 투입, 취급, 비빔 등의 편리함으로 인해 수년전부터 그 사용이 증가되고 있다. 이 새로운 혼합재료는 위에 열거한 장점 외에도 운반비의 절약, 분진에 대한 위험

감소 등의 장점을 지니고 있으며 이러한 이유로 인해 콘크리트용 신재료로 많은 사람들의 관심을 끌고 있다. 이 재료는 실리카흙의 안정성과 적당한 점성을 지니게하는 시약과 함께 물에 분산시켜 제조하게 된다.

이 새로운 재료의 연구개발 기간 동안 강도증진효과를 입증하는 많은 데이터가 수집되었다. 이러한 연구와 함께 아직 명확하게 밝혀지지 않은 포졸란재료의 강도 증진 효과 등도 연구되고 있다. 지금까지 밝혀진 연구로는 시멘트풀과 골재의 경계면에서의 실리카흙의 역할이 콘크리트의 강도를 증가시키는 주된 요인임이 밝혀지고 있다.

이 재료는 재래의 분말형태의 실리카흙보다 사용하기가 편리하고 시멘트의 종류와 관계없이 일관된 고강도를 얻을 수 있다.

(KAIST콘크리트, 1991.3)

下水汚泥를 建設資材로 利用

하수처리로부터 발생하는 下水汚泥(sludge)는 脫水時 첨가되는 응집제의 종류에 따라 高分子系와 石炭系로 분류되며, 高分子系는 골재, 포장재, 타일 透水性블록 등으로 石炭系는 시멘트원료, 콘크리트 혼화제, 매립제, 성토 등의 건설재료로 재활용되고 있다.

汚泥의 재활용은 퇴비, 토양개량제 등의 농업에서 많이 이용되고 있으며, 汚泥消化에 의한 가스이용, 연료로 이용하는 등의 에너지 이용으로 재활용되어 왔으나 최근들어 日本등지에서는 건설재료로 재활용되는 범위가 점차 늘어나고 있다.

건설재료로의 이용은 농업, 에너지이용과는 달리 汚泥의 유기물을 이용하는 것이 아니라 무기물을 이용한다는 점이 특색이다. 매립제, 도로의 노반재로 이용되는 汚泥의 용융슬래그는 탈수케이크의 건조분쇄물과 소

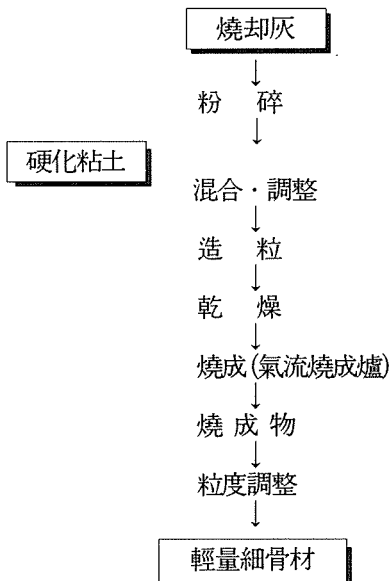
각재를 1,200~1,500℃로 가열하여 만든다. 이는 유기물을 연소시켜 무기물만을 용융시키는 것으로 에너지 이용방법에 따라 아크방전로, 코크스로, 중유 또는 가스를 사용하는 표면용융로 등이 있으나 용융슬래그의 모양, 성질, 강도 등의 변화는 냉각방법에 따라 결정되어진다.

高分子系 汚泥는 소각되어 경량골재로 재 활용되는데, (그림)과 같이 汚泥를 소각한 재를 혼합—건조—소성의 큰 과정으로 제조된다. 최종적으로 0.3~5mm정도의 球狀粒子로 만들어져 입도조정을 거치게 되며, 이때 비중은 약 1.2~1.6 정도로 가볍고 강도도 보통골재에 비해 손색이 없다고 한다.

또한 汚泥의 소각재는 生石灰, 시멘트등을 첨가·혼합하여 토질을 개량시키는 土質改良劑로 활용하게 된다. 이 경우는 주로 石炭系의 汚泥를 이용하여 비중은 2.5~3.5정도로 소각재의 흡수작용과 수화작용에 따르는 경화성을 이용하여 토질을 개량시킨다.

(土木技術資料(日), 1991.2, MOL(日), 1991.1)

(그림) 汚泥消却材의 경량골재 제조과정



急硬性시멘트 혼화재 개발

日本 電氣化學工業은 레미콘용으로 취급 기간이 긴 急硬콘크리트 혼화제로 「덴커플렉트-1」을 개발하였다.

종래의 急硬콘크리트는 강도발현이 빠른 반면 핸드링타임이 까다롭고 레미콘 공장에서 사용할 수 없기 때문에 공사현장에 따로 특수콘크리트 공급설비가 필요하였다.

또, 고속도로 상판의 보수공사 등의 대량 시공이 증가하면서 종래의 핸드링타임이 짧은 超速硬性시멘트로서는 시공하기가 여간 불편한 것이 아니었다.

「덴커플렉트-1」은 특수칼슘알루미네이트系 시멘트광물을 주성분으로 하는 시멘트 혼화재료로 핸드링 타임이 보통의 콘크리트와 거의 같고 레미콘 공장에서 반죽하여 아지테이터차로 운반할 수 있다.

재령 1일의 압축강도는 보통시멘트에 비하여 3~4배, 早強시멘트에 비하여 3~4배 안정적인 강도를 확보할 수 있다. 적용할 수 있는 주요공사는 寒冷地콘크리트공사, 보수 및 확장공사 등인데 특히 겨울철의 낮은 기온에 사용할 수 있는 큰 장점을 가지고 있다.

(日本 日刊建設工業新聞 91.5.21)

콘크리트폐재 재이용 실태조사

—日本 토목공업협회 환경위원회—

건설폐기물의 재생이용과 減量化가 큰 문제로 대두되고 있는 가운데 日本 토목공업협회의 환경위원회에서는 콘크리트 파편의 재이용에 관한 실태조사결과를 조사하였다. 정

(표 6) 콘크리트 폐재의 재이용 촉진대책

	재이용율이 낮은 원인					재이용 촉진 대책			
	① 품질 저 하	② 기준의 불확립	③ 공급 체 제	④ 코스트가 높 음	⑤ 기 타	① 시설 투 자 대 책	② 자금과 기술의 조성	③ 공공 공사에 적극사용	④ 기 타
國	0	0	1	1	1	0	0	1	1
都道府	6	4	3	4	1	2	1	10	5
政令市縣	5	6	4	3	0	0	2	10	3
公團	1	2	1	0	0	0	0	3	0
合計	12	12	9	8	2	2	3	24	9

부기관이나 지방자치단체 등을 중심으로 88개 기관을 대상으로 재이용 실태를 조사하여 68개 기관에서 회수한 내용을 발표하였다.

조사내용에 따르면 재이용을 하고 있는 기관은 29개 기관으로 전체적으로 재이용율이 적은 것으로 나타나고 있다. 동 위원회에서는 금후의 재이용 촉진에는 품질의 문제, 기준의 확립, 코스트가 높은 점들이 해결되어야 할 것으로 지적하고, 공공공사에서 적극적 이용이 필요하다고 지적하고 있다.

조사결과에 따른 재이용율이 저조한 이유와 앞으로 재이용 촉진대책을 정리하면 (표 6)과 같다.

火力發電所 石炭灰의 再活用技術

—석탄재 탄소함량에 관계없이 재활용 가능—

미국 Agglite社에서는 석탄화력발전소에서 배출되는 플라이애쉬를 이용하여 인공경량골재 또는 뒷채움재로 이용할 수 있는 재활용 기술을 개발하였다. 지금까지 화력 발전소의 석탄재 이용은 시멘트 혼화재의 제조등에 활용되거나 시멘트 재료에 일부 대체하여 사용

하였지만 미연탄소함량이 적은 경우에만 가능하였다.

이번에 개발된 Agglite社의 석탄재 재활용기술은 먼저 발생된 석탄재를 탄소성분에 관계없이 시멘트와 특수한 혼화제를 섞는 前處理 과정을 거치게 된다. 前處理 과정을 거친 후 반죽된 석탄재는 회전원판속에서 작은 덩어리 형태로 만들어져 외부의 加熱없이 수 일간 固化시킨다.

固化된 작은 덩어리 (pellet)는 콘크리트의 경량골재, 뒷채움재 등으로 활용되며 미국 ASTM C-330(구조용콘크리트 C-331(콘크리트 석조공정), C-332(절연콘크리트)의 기준을 만족하게 된다.

석탄재로 만든 작은 덩어리는 球形으로 보통의 골재보다 콘크리트 블록을 제조하기 용이하며 반죽의 흐름과 공극 발생이 적어 콘크리트벽돌이나 블록을 만들면 우수한 성능의 제품을 만들 수 있다.

현재 Agglite社의 석탄재 재활용기술은 10만~13만톤/년의 석탄재를 재활용하는 수준에 그치고 있지만 1990년대 중반까지 미국의 400개 이상의 석탄화력발전소에 이와 같은 공정을 갖춘 재활용공장을 세울 계획으로 있다.

이는 발전소마다 발생하는 석탄재를 처리하기 위한 매립지 확보난을 덜 수 있으며 자

원의 재활용 측면에서도 많은 관심이 쏠리고 있다.

(ENR, Nov. 8, 1990)

레미콘 슬러지를 회수하기 위한 'Delvo 시스템' 개발

오늘날 레미콘업계의 주요문제중 하나가 콘크리트를 믹서하고 난 후의 콘크리트 슬러지처리이다. 미국 전체로 연간 1억8천8백만 m³의 레미콘이 제조되는데 그 중 9백만 m³, 약 5%가 슬러지콘크리트로 되어 믹서차 세정수의 처리와 함께 환경상으로도 관련업계의 심각한 현안이 되고 있다.

최근의 한가지 획기적인 방법은 Master Builders Technologies社에 의해 개발된 'Delvo 시스템'이다. 이것은 2가지 성분으로 구성된 비염소계 화학시스템에 의해 시멘트수화(응결)프로세스를 컨트롤함으로써 콘크리트 믹서후의 슬러지나 트럭세정수를 재이용하는 방법이다.

Delvo는 응결지연체, 촉진제, 감수제 등에 관한 ASTM C 494규격에 일치하는 안정적이고 활성화 화학시스템이다. 콘크리트에 첨가하면 Delvo안정화제는 시멘트, 플라이애쉬, 슬래그 등 시멘트질 물질의 둘레에 방호벽을 형성하여 수화를 억제한다. 그 첨가량에 의해 단지 수분에서 부터 수시간, 또는 수일에 걸쳐 응결시간을 조절할 수 있다. 이렇게 응결시간이 제어된 상태의 콘크리트를 재이용할 때는 Delvo활성화제를 투입하면 위에서 설명한 방호벽을 제거하면서 시멘트의 수화를 정상으로 되돌려놓게 된다.

현재 미국 노스캐롤라이나주의 몇몇 레미콘회사에서 사용되고 있고 1공장당 연간 2,000만원의 비용을 절감하고 있다.

(Concr Prod 93(10), 1990)

고순도 플라이애쉬 제조기술 도입

—한국플라이애쉬시멘트공업(주)—

우리나라는 해마다 국내 8개 화력발전소로부터 연간 200만톤 이상의 석탄재를 배출하고 있으나 그 중 10% 정도만이 유효하게 이용되고 있고, 나머지는 매립장에 폐기 처분되고 있어, 유용자원의 재활용, 환경오염문제, 매립처분장의 부족문제 등이 사회적으로도 문제시되고 있는 실정이다.

그러나 플라이애쉬를 콘크리트에 사용할 때 가장 큰 문제점으로 대두되는 것은 미연탄소함량과 안정적인 품질확보에 있다. 실제로 발전소에서 나오는 플라이애쉬를 가공처리하지 않고는 탄종에 따라 시간적으로 플라이애쉬의 특성이 상당히 달라지므로 이러한 변동요인을 안정화시켜 균등한 품질의 플라이애쉬를 공급하는 것이 중요하다. 이러한 변화에 대한 불안 요인은 레미콘 업자나 건설업자가 실제로 플라이애쉬를 사용하는데 가장 큰 제약요인이 되어왔다.

미국, 영국, 호주 등에서는 분급처리라는 과정을 통하여 플라이애쉬의 미연탄소함량을 2% 이하로 줄이고 균질의 플라이애쉬를 제조하여 50%까지도 시멘트에 대체하여 사용하고 있다. 미국에서는 고층건물 공사에 플라이애쉬를 30%까지 치환하여 설계기준강도 400kgf/cm² 이상의 고강도콘크리트에 사용한 사례가 작년에 보고되곤 하였다.

이러한 분급처리과정을 통하여 고순도의 플라이애쉬제조에 관한 기술은 미국, 영국, 호주 등에서는 상당히 발전되고 있다. 한국플라이애쉬시멘트공업(주)에서는 이와 같은 고도의 시스템과 기술을 호주로부터 도입하여 향후 국내에서도 고순도의 플라이애쉬를 공급하게 된다는 것이다.

시멘트工場の 建設標準모델

한국산업은행에서 발간하는 ‘産業技術’에서는 국내 시멘트 산업동향, 수급동향, 시설현황, 회사별 증설계획과 더불어 시멘트 공장 건설시의 시설계획과 총소요자금에 대하여 조사한 결과를 보고하고 있다. 이 자료에 따르면 시멘트공장 건설시에 기계공사비로 연간 150만톤 생산능력을 갖출 때 530억원 정도가 소요되며 이 금액은 총공사비의 57%에 이른다는 것.

이 자료에서는 또 회사별 킬른현황, 시멘트 종류별 특성 및 용도, 킬른형식별 특성비교, 생산규모별 주요시설내용, 공사진행 계획, 소요인력, 기존 시멘트 회사의 원단위 표준 등에 관한 자료를 담고 있다.

레미콘 공장에 JIS준수를 요망

—日本工業技術院 公示檢査 結果에서 지적—

1990년도에 JIS표시를 허가한 전 레미콘 공장에 대해 公示檢査가 실시되고, 동시에 각 通産局에 의한 시험검사가 실시되었다. 이 검사결과에서 개선명령을 받은 공장이 전체의 1/4로 나타났다. 이러한 상황에 대해서 일본 공업기술원 재료규격화의 담당부서에서는 JIS규정 준수를 엄격히 요망하였다는 것. 아울러 차제에 품질관리의 기본을 경영자도 항상 생각하고 있어야하며, 업자 스스로 JIS준수 캠페인을 생각했으면 좋겠다는 지적도 나오고 있다.

작년 일본에서는 공업표준화에 관련하여 강제적 저품질 위반사태가 밝혀지면서 작년 초 建設省은 通産省 JIS준수를 지도해줄 것

을 요망하기도 하였다. 또 내년도 부터 5개년간의 제7차 공업표준화추진 장기계획의 책정에 관한 건의가 작년 6월 日本工業標準調查會에 의해 이루어진 상황이다.

이러한 상황과 더불어 공업기술원은 올해와 마찬가지로 내년도에 JIS규격준수에 대해 문제의식을 갖고 품질검사와 각종 시험검사를 실시할 예정이라 한다.

(日本コンクリート工業新聞 1991. 1. 10)

태국 건설업계 시멘트의 부족사태

태국 무역부에 의하면 1991년도에 태국 건설업에서는 500만톤 이상의 시멘트가 부족하다고 한다. 1991년 한해동안에 필요한 전체 시멘트 소요량이 2,120만톤에 이를 것으로 보여지는데, 자국내에서 생산가능한 물량은 1620만톤 정도로 나머지는 수입에 의존해야 한다는 것이다.

<Aushandel 91.2>

스위스 1990년 시멘트 수요 4.7%

스위스 시멘트업계에 따르면 작년 1990년의 시멘트 수요가 4.7% 정도 감소했는데, 이것은 1989년도의 544만톤의 6년만에 처음 감소를 기록한 것이다. 스위스에서의 작년 주택경기의 퇴조, 4/4분기 동안의 기온의 급강하로 시멘트 수요가 크게 줄었다는 것. 스위스 자국내에는 14개의 시멘트 공장이 있고, 외국으로 부터의 수입물량은 전체 수요의 10% 정도를 점하고 있는 것으로 알려져 있다.

<産業技術情報院 책임연구
책임연구원 문영호 제공>