

# 새로운 시멘트

李 承 赫 (譯)

〈韓國洋灰工業協會 技術課 代理〉

고도 정보화 사회의 문호개방과 함께 건전한 社會資本의 확충과 확고한 次世代 産業의 육성은 모든 산업분야의 각계각층에 주어진 공통의 임무이며 마찬가지로 材料科學 및 材料工學 분야에서도 「새로운 시멘트」의 개발 방향 또한 이 두가지 테마와 관련이 있다고 볼 수 있다. 사회의 급속한 변화에 따른 建設技術의 고도화 · 다양화를 뒷받침하기 위해서는 재료과학적인 기초연구가 매우 중요한 것이다. 한편 건설재료를 목적으로 하는 기초연구 외에 成形 · 硬化에 있어서 가열할 필요가 없는 시멘트의 특징을 살린 「바이오 세라믹」이나 「일렉트로 세라믹」의 전개도 화제가 되고 있다.

水硬性 화합물인 시멘트는 <그림-1>에서와 같이 물과 반응하는 화합물로서 硬化強度가 높은 것은 生成物이 콜로이드質로서 응집력이 강하기 때문이다. 오래 전부터 水硬性 시멘트와 氣硬性 시멘트의 분류는 생성물의 凝集性의 크기로 구분하고 있다. 수경성 화합물의 대표적인 것은 탄산칼슘, 규산칼슘, 알루미늄산칼슘이며 그밖에 인산염이나 붕산염 등도 있다.

## 1. 첨단 建設技術을 개척하는 特殊시멘트

21세기의 문턱인 90년대의 개막과 함께 전통적 재료의 주변에도 급속한 변화가 오고 있다. 國土開發이 급속히 진전되어 대형 건설 프로젝트가 화제

에 오르고 그의 핵심이라 할 수 있는 전혀 생각지도 못했던 거대한 콘크리트 構造物이 건설되고 있다. 특히 변화가 심한 수도권에서는 옛자리에 미래의 새로운 모습이 탄생되고 있으며 시멘트 콘크리트 기술 또한 다양하게 전개되어 새로운 素材나 새로운 工法이 속출, 이들이 대형 프로젝트를 떠받치고 있다. 이렇듯 새로운 시대를 맞아 社會資本이 건전하게 투자될 때 시멘트 콘크리트 기술의 역할도 커질 것으로 생각되며 情報化를 향해 다양하게 변모하는 오늘날의 사회에 있어서 새로이 콘크리트 기술을 진단하고 건설기술을 전망해 보지 않을 수가 없다.

시멘트系 素材로서는 다음과 같은 2 그룹의 소재가 특히 주목되고 있다. 먼저 슬래그, 플라이 애쉬, 실리카 폼 등의 포졸란성 물질은 오래 전부터 天然 포졸란과 함께 시멘트용으로서 자원 및 에너지 절약적 혼합제로 사용되어 왔으며 근년에 와서는 耐海水性이나 알칼리 骨材反應 抑制硬化가 주목되어 광범위하게 사용되고 있다. 또한 최근에는 포틀랜드 시멘트 함유량이 매우 적은 超低熱 시멘트가 일본 明石海峽大橋에 사용되어 화제가 되고 있다.

그 다음으로는 팽창성 콘크리트, 速硬性 콘크리트 등을 위한 混和材로 사용되고 있는 알루미늄산칼슘系의 물질이다.  $CaO-Al_2O_3-SO_3$ 系의 화합물 또는 혼합물이 에트링 가이트 ( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ )를 생성하는 수화반응을 이용하여 콘크리트에 膨脹性, 急硬性, 高強度 등의 특성을 부여하는 각종의 혼화제가 개발되고 있다. 「中川」은 이

들 특수 혼화재의 화학조성을 <그림-2>와 같이 나타낸 바 있다.

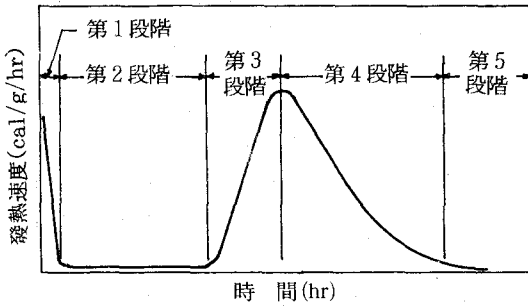
또한 시멘트 응결과정에서 에트링 가이트가 생성할 때의 이러한 주요 작용을 축약시킨 것이 <그림-3>이다. 그림의 S<sub>I</sub> 期에서는 에트링 가이트가 급속히 생성하여 急硬性을 나타내고 S<sub>II</sub> 期에서는 시멘트의 응결·경화가 개시되면서 에트링 가이트를 집중적으로 생성시켜 高強度 콘크리트가 된다. 다음 S<sub>III</sub> 期에 와서는 시멘트 페이스트가 더욱 경화되면서 많은 에트링 가이트의 생성으로 팽창·파괴를 수반한다. 이와 같이 생성물은 어느 경우에 있거나 에트링 가이트이지만 그 生成時期에 따라 急硬性이나 高強度性 또는 膨脹性を 띤 각각의 특성이 나타나기 때문에 이들 化學組成, 燒成條件, 粉末

度 등에 따라 필요한 특성을 지닌 혼화재로 만들 수가 있다.

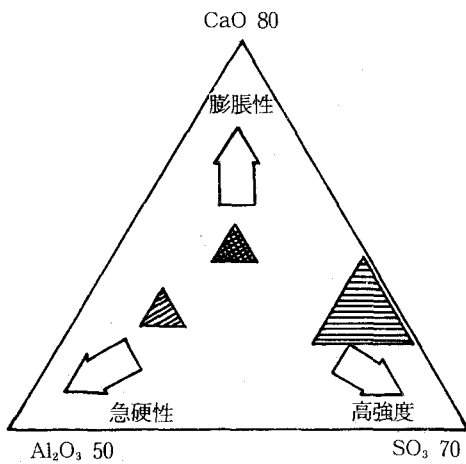
## 2. 次世代 技術을 개척하는 化學結合 세라믹스

「시멘트」라는 용어에는 오랜 세월을 거치는 동안 여러가지 복잡한 사고방식 등이 함축되어 있기 때문에 이에 관한 모든 일을 단순화하고 정리할 수 있는 수단으로서 사용될 수는 없을 것이다. 그래서 「化學結合 세라믹스」라는 용어를 사용하여 전통적 세라믹스와의 中間體로서 그 예를 <表-1>과 같이 분류하였다. 중간체는 硬度和 耐久性이 커서 素材로서는 매우 뛰어나지만 脆性이 있으므로 재료로서 필요한 모양을 만들기가 어렵다. 인류는 오래 전부터 이를 여러가지로 연구하여 이들 3종류의 成形·硬化技術을 발전시켜 적재적소에 사용하여 왔다.

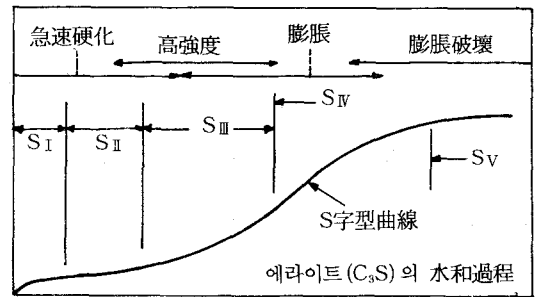
이 중에서 化學結合 세라믹스는 室温 부근에서 成形·硬化하는 특징을 가지며 빌딩 등과 같은 大構造物을 구성하는 建築재료로서 널리 사용되고 있다. 그러나 低温利用의 특징은 建築재료에만 국한된 것이 아니라 항우 의료재료나 전자재료로서도 응용 가능성이 있다. 예로서 전자재료 분야에서는 이 밖에 2종류의 中間體로서 보다 더 낮은 온도에서 成形·硬化하는 재료의 개발을 서두르고 있다. 軟化點이 300°C 이하인 핸드 글래스 등이 좋은 예이다. 또한 生體材料로 널리 이용되고 있는 Apatite는 粉體나 燒成結合 세라믹스로 사용되고 있다. 水硬性 인산칼슘의 발견으로 Apatite를 化學結合 세라믹스로 사용할 수 있게 되었으며 體內에서와



<그림-1> 대표적 水硬性 化合物인 C<sub>3</sub>S의 水和反應 과정



<그림-2> CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SO<sub>3</sub>계의 化學組成 및 混和材 특성



<그림-3> 에트링 가이트의 生成時期 및 특성

傳統的 세라믹스의 分類

<表-1>

	熔融固化 세라믹스	燒成結合 세라믹스	化學結合 세라믹스
舊 名	글래스	세라믹스	시멘트
溫 度	融點 以上	融點 附近	常溫 附近
成形·硬化	연속적인 液體→固體變化	融點 이하에서의 燒結工程	室溫에서의 化學反應
例	창유리	코히칼	빌딩

註: 뉴 세라믹스로 불리는 재료중에는 粉體, 單結晶, 薄膜, 多孔質體 등 본 表중의 3종류에 포함되지 않은 세라믹스도 많다.

Birchall에 의한 化學結合 세라믹스의 分類

<表-2>

水和硬化型	有機結合型	耐熱性
水硬性 化合物의 水和反應	有機 高分子에 의한 結合	耐熱性 物質의 沈積
주로 未反應 粒子和 물과의 반응에 의해 生成相의 粒子間 공간의 充填作用이나 粒子間 結合形成에 의해 硬化한다.	무기물 粒자를 유기 폴리머 작용으로 결합시킨다. 생물활동에 의해 형성된 조개껍질이나 뼈 등이 포함된다.	粒子間 低溫에서 耐熱性 물질을 생성시켜 硬化한다. 高溫材料로서의 사용이 가능하다.
각종 시멘트, 석고 등 전통적인 水硬性 素材가 있다. 수경성 인산칼슘이 신소재로서 주목되고 있다.	보통의 세라믹스와는 전혀 다르며 高強度, 高韌性 재료의 출현이 기대된다. MDF시멘트도 이의 중간체이다.	오래 전부터 알루미늄산칼슘系 素材 외 에 인산알루미늄系 소재가 연구되고 있다.

같이 낮은 溫度條件下에서 成形·硬化하는 Apatite 세라믹스의 다양한 전개가 기대된다.

化學結合 세라믹스가 「시멘트」의 범주에 머물러 있지만은 않을 시기가 다가오고 있다.

역사적으로는 우선 MDF 시멘트에 대해 언급해 볼 필요가 있다. 81년 Birchall이 이를 「Nature」誌에 발표한 이래 화학잡지 등에서도 다루고 있어 시멘트로 만든 판넬 사진 등을 많이 볼 수 있으며 일반적으로도 널리 알려져 있다. 이것이 시멘트라 불리는 옛부터의 건설재료에 새로운 가능성을 던진 최초의 계기가 된 것이다. 일본에서도 高級建材의 제조가 開始되었는데 이는 포틀랜드 시멘트 또는 알루미늄 시멘트에 메틸셀룰로오스와 같은 水溶性 폴리머를 다량 첨가하여 강하게 混練, 成形시킨 것이다. 이와 같은 제조공정의 채택으로 缺陷 크기를 극소화시킬 수 있으며 높은 휨 강도가 실현될 수 있다는 것이 Macro-defect-free 시멘트이다.

이상 열거한 바와 같이 化學結合 세라믹스는 高

溫에서의 「物理的 物質移動」이 아닌 低溫에서의 「化學結合 形成」에 의한 硬化體로서 <表-2>와 같이 3가지의 카테고리로 분류된다. 低溫硬化體이며 硬化時 치수변화도 적으므로 광범위한 他 素材로의 複合化가 가능하다. 과학의 細分化, 기술의 複合化와 함께 수요자의 요구 또한 다양화된 하이테크 시대를 맞아 시멘트도 전통적 재료의 범주를 탈피하여 새로운 기능성 재료로 재등장 하고 있다.

<參考文獻>

- 1) セメントの科學, JEM 材料科學, ed. D.M. Roy, 大門譯, 内田老鶴圃, 1989
  - 2) 先端コンクリート 技術(特集), セラミックス 誌, 25(4), 1990
  - 3) Advanced Cement & Chemically Bonded Ceramics, Vol. 13, Proc. MRS Int'l Meeting on Advanced Materials, 1988 Tokyo, 1989 ▲
- <資料: 石膏と石灰 No. 229 Nov. 1990>