

시멘트의 뿌리

이번 호부터 그동안 시멘트지에 기고되었던 각 자료를 바탕으로 이를 재구성해 'Cement knowledge' 코너를 연재합니다. 시멘트에 관한 기초정보와 상식을 담은 새로운 코너에 많으로도 많은 관심 부탁드립니다.

Cement knowledge 연재순서

- 1회 시멘트의 뿌리
- 2회 시멘트의 제조과정
- 3회 시멘트의 종류
- 4회 콘크리트



포틀랜드 시멘트가 발명된 지 170여년이 지났다. 그간 시멘트 화학은 발전에 발전을 거듭하여 “Advanced Cement-based Materials/Chemically Bonded Ceramics”라는 새로운 영역을 낳았다. 우리나라에서 포틀랜드 시멘트가 쓰이기 시작한 것은 지금으로부터 약 100여 년 전으로 보인다. 경인철도(노량진-인천간)가 1899년에 준공되었는데, 그때 쓰인 것으로 보아 이미 그 이전부터 사용되었음을 알 수 있다. 그러나 이 시멘트는 수입에 의존한 것으로 우리나라에 처음 시멘트 공장이 세워진 것은 1919년이다. 그 후 1세기 가까이 지난 오늘날 우리나라는 세계유수의 시멘트 대국으로 성장하였다.

{ 인류사 가장 오래된 시멘트 구조물은 피라미드 }

시멘트가 인류사에 등장한 것은 반만년 이전으로 거슬러 올라간다. 사람이 시멘트를 사용하여 만든 구조물 중에서 가장 오래된 것으로 오늘날까지 남아있는 것은 이집트의 피라미드라 할 수 있다. 이때 사용된 시멘트는 석회석을 구워 만든 생석회, 석고를 구워서 만든 석석고의 일종이다. 이것은 기경성(氣硬性) 시멘트로 현존하는 시멘트 구조물의 살아있는 역사적 유물이다.



시멘트가 사용된 것으로 현존하는 유물 중 가장 오래된 것으로 추정되는 이집트의 피라미드

결합제로 석회의 사용은 성경(신명기 27장 1-5)에도 기록이 나타난다. 최근 발굴된 유적의 분석결과는 신석기 시대에 이미 사용되었을 가능성을 보여주주고 있다. 신석기 시대의 요새도시로 알려지고 있는 제리코(Jeriko) 발굴과정에서 발견된 석회콘크리트는 그 부착물의 방사성동위원소 분석결과 기원전 7000년 전후의 것으로 추정되고 있으며, Yiftah el에서의 석회콘크리트 발견 등 석회 콘크리트 기술이 이미 보급되어 있는 것으로 추정되어 시멘트의 뿌리는 1만 년 이전으로까지 거슬러 올라가게 된다.

{ 우리나라 고서(古書)에 나타난 시멘트의 역사 }

우리나라에서도 석회 사용의 역사는 오래되었다. 문헌에 기록되어 있는 것으로 동국여지승람(東國輿地勝覽), 임원십육지(林園十六誌) 등에 석회산 산지가 자세히 조사·기록되어 있다. 또한 세종실록지리지(世宗實錄地理志)에는 축성석회(築城石灰)의 제조법에 대해 설명하고 있다. 강화도호부조(江華都護府條)에서는 강화의 토산(土產)으로 청난석(靑蘭石)과 암석이 있는데 암석을 절단(切斷)하여 석회를 번조(燔造, 구워서 만드는 것)했다는 기록이 전한다. 여기의 암석이라 함은 석회석을 말하는 것으로 이를 절단하여 번조했다는 것은 석회오(石灰窯)에 넣어 소성했다는 것을 의미한다.



우리나라에서도 석회 사용의 역사는 오래되었는데 여러 문헌에서 이를 언급하고 있다

문종실록(文宗實錄) 원년(1451년) 삼월조(三月條)에 다음과 같은 기록이 있다.

(통사(通事) 김추가 서(書)를 올려 계주(啓奏, 신하가 글로 임금에게 아뢰는 것)하되 신(臣)이 왕경(王京)에 부임(赴任)하여 석회의 번조법(燔造法)을 물으니 토종(土中)의 묵청석(墨靑石)을 가마 안에 넣고 삼주야(三晝夜, 삼일밤) 불을 때면 그 색(色)이 희다. 석성(石性)이 유(柔)해진 것은 더욱 희게 되어 사용하기 좋게 된다. 여기에 물을 부으면 바로 석회(石灰)로 화(化)한다. 가마의 크기에 따라 백석(百石) 혹은 칠팔십석(七·八十石) 혹은 삼십여석(三十餘石)을 취하는데 가마의 모양은 본국(本國)에서 번조(燔造)하는 가마와 동일하다...

문종실록 권육(文宗實錄 卷六)

이 글은 통사(通事) 김추가 중국(中國)에 갔을 때 그곳의 석회번조법(石灰燔造法)을 물어 들은 바를 왕에게 상주(上奏)한 것인데 그곳에서 사용하는 석회번조(石灰燔造)의 가마는 본국(本國) 즉 우리나라의 번조요(燔造窯)와 그 모양이 같더라는 이야기다. 이로 미루어 보면 석회번조법(石灰燔造法)은 이미 우리나라에서도 알고 실제로 석회를 제조하고 있었음을 알 수 있다. 이밖

에 박제가(朴齊家)의 화학의(化學議)에도 석회번조(石灰燔造)에 관한 기록이 있다. 우리나라에서 석회가 많이 사용된 것은 성벽축조(城壁築造)로 생각된다. 성벽축조시 돌과 돌 사이를 점토 혹은 석회로 다져 메우는데 도시 주변의 큰 성은 석회를 이용한 예가 많았다. 선조(宣祖) 27년 6월에는 석회탄(石灰灘)으로 외적을 방비했고, 선조 38년 4월에는 구성(龜城)의 석성(石城)을 번벽(燔壁)으로 보축(補築)했다는 기록이 있다. 박제가(朴齊家)의 북학의(北學議)에도 금구광화문유회법완연(今舊光化門有灰法宛然)이라는 기록이 있다.



우리나라에서 석회가 많이 사용된 분야는 성벽축조(城壁築造)이다

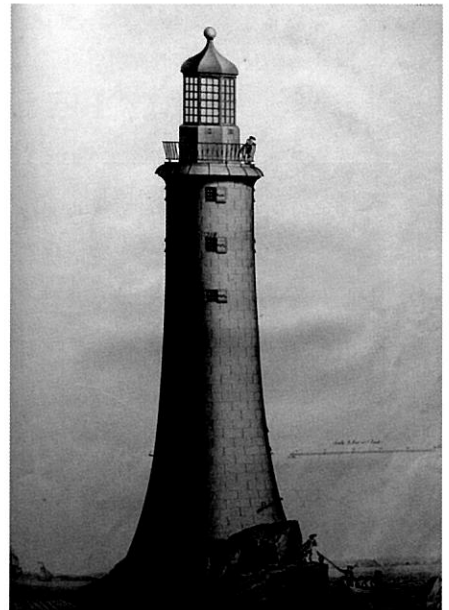
{ 과학기술의 발전과 유럽 시멘트의 역사 }

18세기에 이르러 과학기술의 발달과 때를 같이하면서 시멘트도 새 국면을 맞게 되었다. 1756년 스미턴(Smeaton, J, 영국)은 에디스톤(Eddystone) 등대를 재건할 때 점토분이 있는 석회석을 굽게 되면 우수한 수경성(水硬性)이 있음을 발견하고 수경성 석회(Hydraulic Lime)를 만들었다. 이것이 수경성 시멘트의 발명으로 등대와 함께 시멘트의 앞날을 밝혀주었다.

그의 시멘트 연구는 “Narrative of Eddystone Lighthouse”에 자세히 기록되어 있다. 그는 여러 종류의 CaO(생석회, 산화칼슘)에 대하여 연구하고 또 CaO를 굽는 정도를 달리하여 비교하였다. 그 결과 규산질 석회암, 특히 Aberthaw 청색 회색암이 좋음을 밝혔다. 그러나 왜 점토분이 있는 석회석이 수경성이 있는지는 밝히지 못하였다.

1796년 파커(Parker, J, 영국)도 같은 원리로 로마 시멘트(Roman Cement)를 발명하였고, 1818년 비카(Vicat, L. J, 프랑스)는 석회석과 점토질 암석을 혼합, 소성하여 천연 시멘트(Natural Cement)를 발명한 뒤 그 내용을 논문으로 발표하였다.

적당한 점토분을 가지는 석회질 암석을 시멘트 암(Cement rock)이라고 하는데, 이를 원료로 하여 제조된 로마 시멘트 또는 천연 시멘트가 이후 널리 보급되고 또 개량되었다.



스미턴(Smeaton, J, 영국)의 시멘트를 사용한 에디스톤(Eddystone) 등대

{ 포틀랜드 시멘트의 발명과 진화 }

1824년, 벽돌공 애스프딘(Aspdin, J, 영국)은 석회석과 점토를 혼합한 뒤 구워 시멘트로 만드는 방법을 개발하고 특허를 얻었다. 이것이 오늘날 포틀랜드 시멘트의 시초이다.

그는 특허에 정성적(定性的)으로만 기술하고 배합비, 소성온도 등 정량적(定量的)인 것은 언급하지 않았다. 그러나 그가 정량적인 것을 명시하지 않았다 하더라도 적당한 조건을 몰랐다고는 할 수 없다고 생각된다. 소성온도도 탄산가스를 방출할 정도로 낮는데 전해지는

말에 의하면 그는 극비로 골회를 플럭스(Flux)로 사용하였다고도 한다. 또 그는 소성 전에 비밀단지에서 무엇인가를 뿌렸다고도 한다. 즉 그는 연금술사들처럼 어떤 신비적인 힘을 보이려고 했는지도 모른다. 어쨌든 그는 이 제조법을 절대 비밀로 하였으며 공장에는 높이 20ft의 담을 쌓고 공장출입은 사무실을 통해서만 할 수 있도록 했으며, 직원들에게도 비결을 가르치지 않았다.

애스프딘은 시멘트의 굳은 상태가 당시 건축용으로 많이 사용되던 포틀랜드섬에서 산출되는 석재와 비슷하다고 하여 포틀랜드 시멘트(Portland Cement)라 명명했다고 한다. 그러나 스미턴(Smeaton)의 “Eddystone Lighthouse(1796년)”에 “I did not doubt but to make a cement that would equal the best merchantable Portland Stone in solidity and durability”라고 포틀랜드(Portland)라는 말이 나온 것으로 보아 애스프딘(Aspdin)은 여기서 포틀랜드 시멘트라는 이름을 생각했을 지도 모른다.

한편 훗날(1849년) Prof. Pettenkofer에 의하여 애스프딘의 시멘트가 분석되었고 1869년 W.A. Becker에 의하여 “Praktisch Anleitung Zur Anwendung de Cemente”에 보고되었다.

이후 20여년간 시멘트 제조법은 개량되고 연구되어 1845년 존슨(Johnson, I.C, 영국)이 석회석과 점토의 배합비율, 소성온도 등의 제조조건을 밝히는 등 시멘트제조화학의 기반을 닦았다. 그리고 1872년 그는 특허 “Improvement in the Manufacture of Portland Cement”를 받았다.

1851년 런던공업박람회에는 포틀랜드시멘트 제품도 출품되었는데 애스프딘(Aspdin)사는 3.6m×6m×25cm의 콘크리트 판을, 존슨(Johnson)이 근무한 화이트(White)사는 공동연화(空胴煉瓦)를 1:1 모르타르로 접합하여 7.42m×1.33m로 만든 것을 출품하였다. 당시 시멘트의 주된 용도는 접합용이었는데, 애스프딘(Aspdin)사의 출품은 포틀랜드시멘트의 콘크리트 구조재료로서의 앞날을 예견한 것이라 할 수 있다. ▲

애스프딘(Aspdin) 시멘트의 분석

화합결합수	1.00%
CO ₂	2.15
Insol. res	2.20
SiO ₂	22.23
Fe ₂ O ₃	5.30
Al ₂ O ₃	7.75
CaO	54.11
MgO	0.76
SO ₃	1.00
P ₂ O ₅	0.75
alkali	2.7