

시멘트의 뿌리

崔 相 紘

〈漢陽大學校 教授·工學博士〉

포틀랜드 시멘트가 발명된지 170여년이 지났다. 그간 시멘트 화학은 발전을 거듭하여 “Advanced Cement-based Materials/Chemically Bonded Ceramics”라는 새로운 영역을 낳았다.

우리나라에서 포틀랜드 시멘트가 쓰이기 시작한 것은 지금으로부터 약 100여년전으로 보인다. 경인철도(노량진-인천 간)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 3/4세기가 지난 오늘날 우리나라는 세계유수의 시멘트 대국으로 성장하였다.

시멘트가 인류사에 등장한 것은 반만년 이전으로 거슬러 올라간다. 사람이 시멘트를 사용하여 만든 구조물 중에서 가장 오래된 것으로 오늘날까지 남아 있는 것은 이집트의 피라미드(〈그림-1〉)로, 이때 쓰여진 시멘트는 석회석을 구워서 만든 생석회, 석고를 구워서 만든 쇠석고로, 이것은 기경성(氣硬性)시멘트로서, 현존하는 시멘트로 만든 구조물의 산 역사적 유물이다.

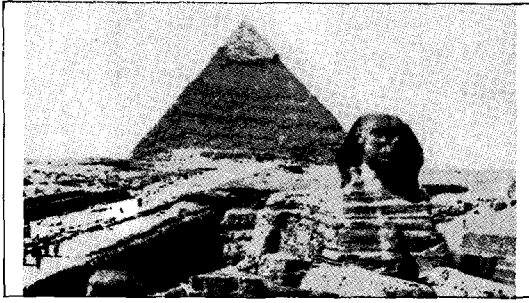
결합제로서 석회의 사용은 성경(신명기 27장 1-5)에도 기록이 있다. 최근 발굴된 유적의 분석결과를 신석기 시대에 이미 사용되었을 가능성을 보여주고 있다. 신석기 시대의 요새도시로 알려지고 있는 Jeriko발굴에서 발견된 석회콘크리트는 그 부착물의 방사성동위원소 분석결과 기원전 7000년 전후의 것으로 추정되고 있으며, Yiftah el에서의 석회콘크리트 발견 등, 석회 콘크리트 기술이 이미 보급되어 있는 것으로 추정되어 시멘트의 뿌리는 10000년 이전으로까지 거슬러 올라가게 된다.

우리나라에서도 석회 사용의 역사는 오래되었다. 문헌에 기록되어 있는 것으로 〈東國輿地勝覽〉, 〈林園十六誌〉 등에 석회석 산지가 자세히 조사·기록되어 있으며, 또 〈世宗實錄地理誌〉에는 燒成石灰의 제조법을 설명하고 있다. 〈江華都護府條〉에는 江華의 土産으로는 靑蘭石과 礬石이 있는데 礬石을 切斷하여 石灰를 燔造(구워서 만드는 것)했다고 전한다. 여기의 礬石이라 함은 石灰石을 말하는 것이며 이를 切斷하여 燔造했다는 것은 石灰窯에 넣어 소성했다는 것을 설명한 것이다.

〈文宗實錄〉에는 元年(1451년) 三月條에 다음과 같은 기록이 있다. ‘通事 金璫가 書를 올려 啓奏하되 臣이 王京에 赴任하여 石灰의 燔造法을 물으니 土中の 黑靑石을 가마안에 쌓고 三晝夜를 불을 때면 그 色이 희다. 石性이 柔해진 것은 더욱 희게 되어 사용하기 좋게 된다. 여기에 물을 부으면 바로 石灰로 化한다. 가마의 크기에 따라 百石 혹은 七·八十石, 혹은 三十餘石을 취하는데 가마의 모양은 本國에서 燔造하는 가마와 동일합니다...’(〈文宗實錄 卷六〉).

이 글은 通事 金璫가 中國에 갔을 때에 그곳의 石灰燔造法을 물어 들은 바를 王에게 上奏한 것인데 그곳에서 사용하는 石灰燔造의 가마는 本國 즉 우리나라의 燔造窯와 그 모양이 같더라는 이야기다. 이로 미루어 보면 石灰燔造法은 이미 우리나라에서도 알고 실제로 石灰를 제조하고 있었음을 알 수 있다. 朴齊家의 化學議에도 石灰燔造에 관한 기록이 있다.

우리나라에서 석회가 많이 사용된 것은 城壁 築造로 생각된다. 성벽축조시 돌과 돌 사이를 점토 혹은 석회로 다져서 메우는데 도시 주변의 큰 성은 석회를 이용한 예가 많았다. 宣祖 二十七年 六月에



〈그림-1〉 시멘트가 사용된 것으로 현존하는 유물중 가장 오래된 것으로 추정되는 이집트의 피라미드

는 〈石灰灘〉으로서 외적을 방지했고, 宣祖三十八年四月에는 龜城의 石城을 〈燔壁〉으로서 補築했다는 기록이 있다. 朴齊家의 北學議에도 〈今舊光化門有灰法宛然〉이란 기록이 있다.

18세기에 이르러, 과학 기술의 발달과 때를 같이하면서 시멘트도 새 국면을 맞게 되었다. 1756년 스미턴(Smeaton, J: 영국)은 에디스톤(Eddystone)등대(〈그림-2〉)를 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 밝혀 주었다. 그의 시멘트 연구는 “Narrative of Eddystone Lighthouse”에 자세히 기록되어 있다. 그는 여러 종류의 CaO에 대하여 연구하고 또 CaO를 굽는 정도를 달리하여 비교하였다. 그는 규산질 석회암 특히 Aberthaw 청색 석회암이 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 발명하였으며 그 내용을 논문으로 발표하였다.

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

1824년, 벽돌공 애스핀(Aspdin, J: 영국)은



〈그림-2〉 J. Smeaton의 시멘트를 사용한 Eddystone 등대

석회석과 점토를 혼합하여 구워서 시멘트를 만드는 방법을 발명하고 특허를 얻었다. 이것이 오늘날의 포틀랜드 시멘트의 시초이다.

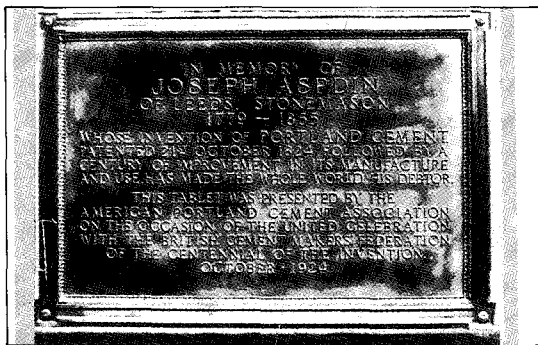
그의 특허 내용은 다음과 같다.

“My method of making a cement of artificial stone for stuccoing buildings, waterworks, cisterns, or any other purpose to which it may be applicable (and which I call Portland Cement) is as follows: I take a specific quantity of limestone, such as that generally used for making or repairing roads, and I take it from the roads after it is reduced to a puddle, or powder; but if I cannot procure a sufficient quantity of the above from the roads, I obtain the limestone itself, and I cause the puddle or powder, or the limestone, as the case may be, to be calcined. I then take a specific quantity of argillaceous earth or clay, and mix them with water to a state approaching impalpability, either by manual labor or machinery. After this proceeding I put the above mixture into a slip pan for evaporation, either by the heat of the sun or by submitting it to the action of fire or steam conveyed in flues or pipes under or near the pan

until the water is entirely evaporated. Then I break the said mixture into suitable lumps, and calcine them in a furnace similar to a lime kiln till the carbonic acid is entirely expelled. The mixture so calcined is to be ground, beat, or rolled to a fine powder, and is then in a fit state for making cement or artificial stone. This powder is to be mixed with a sufficient quantity of water to bring it into consistency of mortar, and this appliad to the purposes wanted.

그는 특허에 정성적(定性的)으로만 기술하고 배합비, 소성온도 등 정량적(定量的)인 것은 언급하지 않았다. 그러나 그가 정량적인 것을 명시하지 않았다하여 적당한 조건을 몰랐다고는 할 수 없다고 생각된다. 소성온도도 탄산가스를 방출할 정도로 낮은데, 전해지는 말에 의하면 그는 극비로 골회를 flux로 사용하였다고도 한다. 또 그는 소성전에 비밀단에서 무엇인가를 뿌렸다고도 한다. 즉 그는 연금술사들처럼 어떤 신비적인 힘을 보이려고 했는지도 모른다. 어쨌든 그는 이 제법(製法)을 절대비밀로 하였으며 공장에는 높이 20ft의 담을 쌓고 공장 출입은 사무실을 통해서만 할 수 있게 했으며 공원(工員)들에게도 비결을 가르치지 않았다.

Aspin은 시멘트의 굳은 상태가 당시 건축용으로 많이 사용되던 Portland섬에서 산출하는 석재와 비슷하다하여 포틀랜드 시멘트(portland cement)라 명명했다 한다. 그러나 Smeaton의 “Eddy-stone Lighthouse(1796)”에 “I did not doubt but to make a cement that would equal the best merchantable Portland Stone in solidity and durability”라고 portland란 말이 나온 것으로 보아 Aspin은 여기서 포틀랜드 시멘트란 이름으로 생



〈그림-3〉 J. Aspdin의 기념비명

각했는지도 모른다.

훗날(1849년) Porf. Pettenkofer에 의하여 Aspdin의 시멘트가 분석되었고 1869년 W.A. Becker에 의하여 “Praktisch Anleitung zur Anwendung de Cemente”에 보고 되었다.

〈표-1〉 Aspdin의 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	2.75

영국 Leeds시에 있는 Aspdin기념비(제막식은 1924년 9월 6일 포틀랜드 시멘트 발명 100주년 기념식)에는 다음과 같이 기록되어 있다.(〈그림-3〉)

“In memory of Joseph Aspdin(1779-1855) of Leeds. Stone mason whose invention of Portland cement patented 21st October 1824, followed by a century of improvement in its manufacture and use has made the whole world his debton”

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

1851년 London 공업박람회에는 포틀랜드시멘트 제품도 출품되었는데, Aspdin社는 3.6m×6m×25cm의 콘크리트 판을, Johnson이 근무한 White社는 空胴煉瓦를 1:1모르타르로 접합하여 7.42m×1.33m로 만든 것을 출품하였다. 당시 시멘트의 주된 용도는 접합용이었는데, Aspdin사의 제품은 포틀랜드시멘트의 콘크리트 구조 재료로서의 앞날을 예견한 것이라 할 수 있다. ▲