

[시멘트와 콘크리트]

출처:네이버 지식IN 윤승환(2008/06/02)

[시멘트의 원리]

시멘트의 원리는 시멘트가루를 물과 섞으면 뭉치면서 굳어진다는 것이다. 뭉치는 것을 응결이라하고 굳어지는 것을 경화라고 하고, 물과 섞어서 응결 경화하는 성질을 수경성(수경화)이라고 한다.

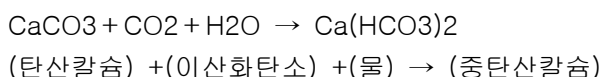
자연적인 상태에서도 응결과 경화가 이루어지는데, 이러한 진행과정을 잘 보여주는 것이 석회동굴에서 석회수들이 흘러내리다가 석회석으로 굳어지면서 종유석이 되가고 하고 석순이 되기도 하고 석주가 되기도 하는 형성과정이다.

시멘트는 ‘석회가 자연 상태에서도 이산화탄소가 포함된 물을 만나 석회수가 되어 동굴의 벽과 천장을 타고 내리면서 종유석, 석순, 석주로 응결되면서 경화하는 원리’를 이용해서, 인간이 인간의 필요에 의해서 석회가 인간이 필요로 하는 시간에 맞추어 빨리 응결하고 경화하도록 만들어낸 수경성 건축용 풀이다. 시멘트 풀, 시멘트로 된 접착제인 것이다. 건축용으로는 시멘트 풀을 시멘트 페이스트(paste, 풀)라고 한다.

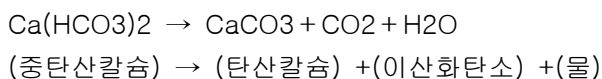
석회수가 마를 때 뭉치면서 굳어지는 근본적인 원인은 칼슘(Ca) 원소 때문이다. 순수한 칼슘은 반응성이 커서 혼자서는 독단적으로 자연계에 존재하지 못하고 다른 물질들과 결합하여 화합물로만 존재할 수 있는데, 칼슘 원자는 다른 물질에 달라붙으려고 하는 성질이 강하다는 뜻이다.

이 칼슘(Ca) 원자가 반응성이 커서 혼자서는 자연계에 존재하지 못하고 다른 물질들과 결합하여 화합물을 이루고 있는데, 칼슘(Ca)이 탄소(C)와 산소(O3)와 결합하여 결정을 이루는 것이 탄산칼슘(CaCO3)이고, 탄산칼슘인 석회석이 이산화탄소가 들어있는 물에 녹았다가 마를 때 다시 돌(석회석)로 뭉치면서 굳어지는 것이 자연산 시멘트의 원리이다. (순수한 칼슘은 1808년에야 영국의 과학자 데이비가 염화칼슘으로부터 분리해서 뽑아냈다.)

즉, 아래 화학식과 같이 칼슘이 많이 포함된 석회석(CaCO3)이 이산화탄소가 들어있는 물을 만나서 녹은 물이 중탄산칼슘이 되고,



다시, 아래 화학식과 같이



중탄산칼슘 용액이 마를 때 이산화탄소와 수증기가 날아가면서 생성되어 남게 되는 탄산칼슘이 스스로 뭉쳐 굳어지면서 종유석과 석순과 석주와 같이 ‘자연 상태에서도 멋있는 건축 구조물’로 뭉치면서 굳어지는 것이다.

이러한 자연계에서의 ‘석회석이 녹고 뭉치고 굳어지는 원리’를 원리를 이용하여, 인간이 석회암에서 석회석(탄산칼슘)을 채취하여 탄산칼슘에 강제로 열을 가해서 이산화탄소를 쫓아 내버리고 생석회가루(산화칼슘)로 만들어서, 그 생석회가루에 물을 섞으면 열을 내면서 자연산 탄산칼슘보다 더 빨리 소석회(수산화칼슘)로 뭉치면서 굳어지는 원리를 이용한 것이 시멘트의 원리이다.

시멘트란 이름은 "부서진 돌"이란 뜻의 고대 로마어(라틴어) “Cementum)”에서 유래한 말이다.

부서진 돌이란 뜻에는 돌가루란 말이 포함되어 있다. 그러니까 고대에도 사람들이 석회석을 가루로 내서, 곱게 빻아서 물과 반죽해서 말려서 뭉치고(응결) 굳어지게(경화) 하여 사용했다는 것을 짐작할 수 있다.

인간이 시멘트를 이용하여 공사를 한 가장 오래된 건축물은 이집트의 피라미드 유적이고, 이때 사용한 시멘트는 석회와 석고였다고 한다. 5000년 전의 일이다. 그리고 이때 구워서 만든 시멘트를 사용했다는 기록이 없는 것을 보면 피라미드에 사용된 시멘트들은 열을 가해 구워낸 석회가루(산화칼슘)들을 물과 섞어서 버무려서 사용한 것이 아니고 그냥 자연 상태의 석회석(탄산칼슘)을 갈아서 사용한 자연산 시멘트인 것이다.

그리고 그 3000년 후에, 지금으로부터는 약 2000년 전에 그리스와 로마에서는 석회에 모래를 혼합하면 수경성 몰탈이 된다는 것을 알고 석회를 구워내기 위해서 수직형 고로를 사용했다는 기록이 있다. 석회를 구워서 가루를 내면 보다 더 잘 뭉쳐지고 단단하게 굳어진다는 것을 알았다는 것이다.

그런데 역시 로마나 그리스에서도 구워낸 석회가 대중화되었다는 기록이나 건축물들이 없다. 이것은 ‘공사 시 엄청나게 들어갈 수밖에 없는 시멘트’를 구워내기 위해서는 막대한 연료가 필요하고 구워낸 생석회덩어리를 다시 가루로 만들기 위해서도 많은 노동력이 필요할 수밖에 없고, 시멘트는 ‘철재골조가 들어가지 않으면 석재건축물’보다 강도가 약할 수밖에 없어서 무기로 사용되는 철재도 귀한 시기라, 석회를 구워서 그 가루를 내서 시멘트로 사용하는 것보다 돌을 깨고 다듬어서 짓는 석조건물이 경제성이 더 높아서 석회를 대량생산할 필요가 없었을 것이다.

그러다가 2000여년이 지난 18세기 중반, 영국에서부터 산업화가 시작하면서 영국에서부터 산업용 시멘트가 본격적으로 연구 개발되기 시작했다. 산업혁명이 시작되면서 공장을 지을 수 있는 건축자재가 대량으로 필요하게 된 것이다.

1756년 영국의 존 스미턴(Smeaton, J.)은 순수한 석회석보다 점토가루(흙가루)가 섞인 석회석을 구워내서 가루로 만든 시멘트가 물과 섞여지면 잘 굳는다는 알고서 수경성 석회를 발명했는데, 석회에 점토 가루를 혼합하면 효과적이라는 이유는 밝히지 못했고, (나중에 밝혀지지만 점토가루에는 실리카와 알루미나가 들어있었기 때문임)

1796년 영국의 제임스 파커(Packer, J.)는 흙가루가 섞인 석회석을 더 높은 온도로 구워내서 시멘트와 물을 5:2로 섞으면 1시간 이내에 뭉쳐서 굳어지는 급결성 시멘트(로만시멘트)를 발명하고,

1824년 영국의 벽돌공 조셉 애스프딘(Aspdin.J.)은 석회석과 점토를 혼합하고 용제(Flux)를 사용해서 융점(녹는점)을 낮추어 제조하는 시멘트를 만드는 방법을 발명하였는데, 이 시멘트가 영국의 영국의 포틀랜드 섬에서 산출되는 석재와 색깔이 비슷하여 포틀랜드 시멘트(Portland Cement)라고 부르게 되었는데, 이것이 오늘날 대량 유통되는 포틀랜드 시멘트의 원조이다.

1844년 영국의 사업가 존슨(Johnson, I. C.)은 벽돌공 조셉 애스프딘(Aspdin.J.)이 규명하지 못한 석회석과 점토의 배합비율 및 소성온도 등의 제조 조건을 밝히는 등 포틀랜드시멘트 제조에 성공하였고,

1851년 런던 공업박람회에 벽돌공 조셉 애스프딘 측과 사업가 존슨 측에서 동시에 따로따로 포틀랜드 시멘트를 출시하여 박람회 측으로부터 양측 공동으로 포틀랜드 시멘트에 대한 공로를 인정받고, 1851년 런던 공업박람회를 계기로 포틀랜드 시멘트 품질의 우수성이 널리 알려진 이후로 시멘트 제조방법이 전 세계로 퍼져나가 1800년대 후반에 들어와 시멘트 공업은 세계 각국에서 그 형태를 갖추게 되고..... 오늘날 지구상에 거대한 콘크리트 도시가 건설될 수 있게 된 것이다.

앞서도 말했지만, 산업용 시멘트는 석회석이 자연 상태에서도 이산화탄소가 들어있는 물에 녹고 물과 이산화탄소가 날아가면 뭉치면서 돌로 굳어지는 원리를 사람의 필요에 의해 발전시킨 것이다.

그리고 석회석을 주원료로 하는 시멘트에 그 효과를 높이기 위하여 몇 가지 광물질이 들어가는데, 빨리 굳어지게 하는 물질, 단단하게 굳어지게 하는 물질, 잘 섞이게 하는 물질, 너무 빨리 못 굳어지게 조절하는 물질, 석회석을 굽는 온도를 낮추는 물질 같은 첨가물질들이다.

[포틀랜드 시멘트]

포틀랜드 시멘트를 만드는 방법은 -

- 석회(CaCO_3 , 탄산칼슘)가 63% 정도
- 미세한 점토 규사(모래)에 많이 들어있는 실리카(SiO_2) 23% 정도
- 미세한 점토 규사에 많이 들어있는 알루미나(Al_2O_3) 6% 정도
- 산화철 Fe_2O_3 소량
- 무수황산(SO_3) 극소량
- 산화마그네슘(MgO) 극소량

의 성분들을 섞어서 굽는데,

석회석 가루와 점토 가루(점토 속에 실리카와 알루미나가 들어 있음)를 혼합하고 산화철, 무수황산, 산화마그네슘 가루를 조금씩 첨가하여 석회석의 이산화탄소가 날아가는 825°C 보다 훨씬 높은 온도인 $1400\sim 1500^\circ\text{C}$ 정도의 온도에서 도자기 굽는 것처럼 충분히 구우면 일부 성분들이 녹아서 그 가루들이 뭉쳐지면서 클링커라고 하는 새로운 광물질 덩어리(단괴, 구슬)들로 소성된다. 소성이란 구워서 새로운 형태를 만드는 것을 말한다.

이때, 시멘트 만들 때 새롭게 생기는 광물질을 세라믹이라고 하지 않고 클링커라고 하는 것은 그 클링커의 성분이 물에 녹는 성분이 있기 때문이다. 반면에 세라믹은 화학적인 결합이 되면 더 이상 성질변화가 없다. 클링커는 한번 구우면 자연 상태에서는 더 이상 화학적인 변화가 없는 세라믹과 구분하기 위해 비교적 근래에 만들어진 이름(전문용어)인 것이다.

[클링커]

이렇게 만들어진 클링커는 -

- 규산삼석회 $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$,
- 규산이석회 $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$,
- 알루미나삼석회 $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ 및
- 알루미노아철산사석회(철화합물) $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$

과 같은 혼합물질들이 주성분을 이루게 된다.

기존의 재료들이 열에 녹아 합쳐져서 새롭게 ‘일정한 화학적인 비율로 결합된 고체 혼합 결정물인 고용체’들을 만들어낸 것인데,

클링커의 재료 중 63%를 차지하고 있던 석회석(탄산칼슘, CaCO_3)가루가 825°C 에서 이산화탄소가 날아가고 산화칼슘으로 변한 생석회(CaO)가루 대부분이 23%를 차지하고 있던 실리카(SiO_2 , 이산화규소, 아주 미세한 규사 모래)에 달라붙어서(결합하여) 규산삼석회($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)와 규산이석회($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)로 바뀌고,

생석회(산화칼슘) 가루 일부가 6%를 차지하고 있던 알루미나(Al_2O_3)에 달라붙어서 알루미늄 산삼석회($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$)로 바뀌고,

생석회(CaO) 소량과 알루미나(Al_2O_3)와 산화철(Fe_2O_3)이 서로 달라붙어서 알루미늄아철산 사석회(철화합물, $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$)로 화학적인 변화를 한 것이다.

이때, 클링커의 구성 광물 중 규산3석회가 가장 많은 함량을 차지하고 있는데, 클링커에 열을 가할 때 낮은 온도 단계에서 먼저 규산2석회가 되고 거기에 열을 더 가하면 규산3석회가 되는 것이다.

그러니까 규산3석회는 규산2석회를 거친 다음에 추가로 생겨난 광물이고, 규산3석회는 물과 접촉 시 규산 2석회보다 많은 열을 내서 시멘트가 빨리 뭉치고 굳어지는데, 이것이 1796년 영국의 제임스 파커(Parker, J.)가 흙가루가 섞인 석회석을 더 높은 온도로 구워내서 시멘트와 물을 5:2로 섞으면 1시간 이내에 뭉쳐서 굳어지는 급결성 시멘트(로만시멘트)를 발명한 원리이다.

클링커가 만들어지면 열에 녹아서 구슬같이 소성된 클링커 덩어리들에 3~5%의 석고가루들을 섞어 혼합하여 다시 곱게 빻아서, 시멘트 가루의 표면적이 넓어져서 물에 최대한 잘 녹으라고 아주-아주 곱게 빻아서, 뜨거운 열을 식혀서 절대건조 상태에서 바로 포장을 해버린다. 드디어 완전한 시멘트가 만들어져서 포대에 담긴 것이다. 이것이 시중에 판매되는 포틀랜드 시멘트이다.

시멘트를 만들 때 클링커가루에 석고가루를 섞는 이유는 석고가 다른 물질과 화학적으로 결합하지 않고 물에 녹지 않아서 시멘트를 물에 댔을 때 건대기가 남아서 시멘트 풀이 힘이 있고, 시멘트가 너무 빨리 굳어지는 것을 막아내는 응결조절제(凝結調節劑)로써 역할을 하라는 이유에서이다.

절대건조 상태에서 바로 포장을 해버리는 이유는 애써 만들어놓은 시멘트가루가 공기 중에서 이산화탄소가 포함된 습기를 빨아들이지 못하도록 하기 위해서인데, 시멘트가 이산화탄소를 빨아들이면 산화칼슘이 탄산칼슘으로 바뀌기 시작하여 시멘트로써 가치가 상실되기 때문이다.

[시멘트 가루]

이렇게 만들어진 시멘트 가루가 물을 만나면 -

클링커의 성분을 구성하고 있는 규산3석회, 규산2석회, 알루미늄산3석회, 알루미늄아철산사석회(철화합물들)에 들어있던 생석회(CaO) 성분들이 제 각각 시간적인 차이를 두고 일부는 물에 녹고 물과 화학적인 수화현상을 일으키면서 열을 내는 발열반응 후에 단단하게 굳어지면서 경화되는데,

이 열을 내는 성질은 규산3석회, 규산2석회, 알루미늄산3석회, 알루미늄아철산4석회 중 어느 석회화합물에 생석회(CaO)가 얼마나 들어있느냐에 따라 열을 빨리 내느냐, 열을 천천히 내느냐, 열을 많이 내느냐, 열을 적게 내느냐가 결정된다.

클링거의 구성화합물들이

물과 만났을 때 수화 반응 속도는 -

규산3석회는 수화(水和)가 빠르고 잘 굳어져서 빨리 굳어지는데 기여하고, 규산이석회는 수화속도가 상대적으로 낮지만 장기간에 걸쳐서 시멘트가 단단해지게 하고, 알루미늄산삼석회는 수화속도가 가장 빨라 물과 급격히 반응하여 굳어지는데 이때 석고가 굳어지는 속도를 조절하는 응결조절제 역할을 하고, 철화합물은 알루미늄산3석회 다음으로 수화속도가 빠르는데 석고가루가 있으면 알루미늄산3석회도 철화합물과 수화속도가 비슷한 반응을 하고,

클링커 구성화합물의 수화열량은-

알루미늄산삼석회가 가장 크고, 그 다음이 규산삼석회이고,

시멘트의 수화 시 발열량에 따라 -

빨리 굳어져야 하는 공사 시에는 규산삼석회의 양이 많은 조강(早強) 시멘트가 필요하고, 댐이나 고층 아파트와 같이 압력을 많이 받는 콘크리트 구조물에 쓰이는 시멘트에는 알루미늄산삼석회나 규산삼석회의 양이 제한된다.

그래서 시멘트의 종류는 -

당연히 시멘트를 만들기 전에 재료의 비율에 따라 결정되는 것이고,

시멘트의 쓰임새에 따른 성분 비율은 -

포틀랜드 시멘트를 만드는 비율(석회 63%, 실리카 23%, 알루미나 6%, 산화철 소량, 무수황산 극소량, 산화마그네슘극소량 등)을 기본으로 하여 더할 것은 더하고 뺄 것은 빼고 특수한 목적에 적합한 극소량의 첨가물을 첨가해서, 클링커를 만들기 전에 혼합재료 들의 양으로 조절되는 것이다.

그러니까 시멘트는 -

시멘트 재료의 63%를 차지하는 석회석(탄산칼슘)이 열을 받아 825℃에서 이산화탄소가 날아가서 생석회(산화칼슘)로 변했고,

탄산칼슘(석회석 가루)이 산화칼슘(생석회 가루)으로 변한 다음에도 도자기 굽는 것처럼 계속해서 열을 가하자 여전히 주성분인 생석회가루들이 실리카(23%), 알루미나(6%), 산화철 같은 첨가물에 나누어 달라붙어서 규산3석회, 규산2석회, 알루미늄산3석회, 알루미늄아철산사석회(철화합물들) 같은 새로운 고용체 물질들이 되었는데, 그것은 사람이 일정한 비율로 섞어놓은 대로 일정한 비율들로 나누어 달라붙어서 사용될 용도에 맞게 시멘트의 성질(종류)이 결정된 것이고,

시멘트 가루 고용체들 속에는 여전히 석회가 주성분(산화칼슘)이고, 그 생석회(산화칼슘) 성분은 여전히 ‘자연산 석회석(탄산칼슘)이 원래부터 가지고 있던 물에 녹고(수화), 뭉치고(응결), 굳어지는(경화)’ 성질들을 가지고 있는데, 사람들에게 줄으라고 자연산 석회석(탄산칼슘) 가루보다 빨리 녹고 빨리 뭉치고 빨리 단단해지도록 성질이 급하게 변해있는 것이다.

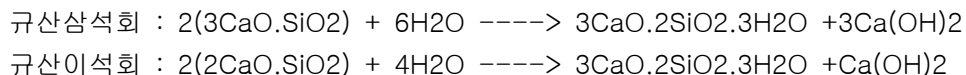
이때, 시멘트가 물을 만났을 때 열을 내는 원리는 물통에 생석회 가루를 넣어서 소석회를 만들 때 열을 내는 원리[CaO+H₂O→Ca(OH)₂+열]와 같은 원리이고, 소석회를 만들 때는 열이 많이 나지만 콘크리트를 만들 때는 열이 덜 나는 것은 콘크리트에는 시멘트가루보다 훨씬 많은 양의 모래와 자갈이 열을 흡수하기 때문이고, 콘크리트에 열이 나면 빨리 마르는 것은 뜨거운 물에 담갔다가 꺼낸 접시가 자체의 뜨거운 온도 때문에 빨리 마르는 원리와 같다.

이상으로 시멘트의 성분은 여전히 석회가 주성분이고, 석회는 탄산칼슘에서 산화칼슘으로 바뀌었지만 여전히 물에 녹고 뭉치고 굳어지는 성질을 가지고 있고, 산업용 시멘트는 자연산 시멘트를 응용한 것이라는 것이 확인되었다.

일반적인 포틀랜드 시멘트의 경우 -

상온(평상 시의 온도)의 물과 섞으면 수화반응 후에 시멘트의 성분 60% 정도가 규산칼슘수화물(C-S-H)로 경화되고, 시멘트의 성분 25% 정도가 수산화칼슘으로 경화된다.

이것을 나타내는 반응식은 다음과 같다.



시멘트 원료의 63%를 차지하는 주성분인 탄산칼슘이 변한 산화칼슘과 시멘트 원료의 23%를 차지하는 실리카가 규산3석회(=규산3칼슘)과 규산2석회(=규산2칼슘)로 변한 것들이 물을 만나자 규산칼슘수화물과 수산화칼슘으로 분리된 것이다.

규산3석회는 1,250℃ 이하의 온도에서는 오랜 시간을 두고 규산2석회와 생석회(CaO)로 다시 분해되고, 규산2석회는 물에는 녹지 않지만 물과 여러 가지 비율로 수화물(水化物)을 만들어 물과 같은 성격으로 움직이고, 수산화칼슘(소석회)은 1리터의 물에 0.82g 녹고, 수산화칼슘이 탄산칼슘으로 경화되는 데는 78cal/g를 발생시킨다.

시멘트를 물과 섞었을 때 ‘생성되는 60% 정도의 규산칼슘수화물과 25% 정도의 수산화칼슘을 제외한’ 나머지 15% 정도는 석고와 같이 응결조절제의 역할을 하거나, 시멘트가 골고루 잘 섞이라는 용제 역할을 하거나, 시멘트의 수축과 균열을 방지하는 등 기능제의 역할을 한다.

[콘크리트]

콘크리트는 시멘트 가루를 물과 섞어서 만든 시멘트 풀로 모래와 자갈 표면에 묻혀서 시멘트풀이 마르면서 전체를 하나로 달라붙게 하는 것이다.

그것을 쉽게 하는 방법이 [시멘트+물+모래+자갈]을 적당한 비율로 섞어서 삼으로 비비는 것이고, 더 발전된 방법이 콘크리트 공장에서 대규모로 [시멘트+물+모래+자갈]을 섞어서 아직 굳지 않은 상태로 차에 실어 빙빙 도는 통 속에서 뒤섞으며 현장으로 배달하는 콘크리트인 레미콘이다.

[시멘트+물+모래+자갈]을 섞어서 비비면, 비싼 시멘트를 조금만 쓰더라도 싸고 튼튼한 자갈이 전체 구조물을 튼튼하게 하고, 모래는 자갈과 자갈들 사이의 빈틈(공극)을 매우고, 모래와 자갈은 가만히 있는 상태에서, 시멘트와 물이 결합(응결)하는 수화현상을 일으키면서 열을 발산(발열)하여 마르기 시작하면서 굳어져서(경화) 콘크리트 구조물을 형성하게 되는 것이다. 이때 구조물이 더 튼튼해지라고 콘크리트 안에 철재골조를 넣는 것이고.

콘크리트를 만들 때 모래를 섞고 흙을 섞지 않은 이유는 아주 작은 시멘트 가루 입장에서 볼 때 모래는 바위덩어리와 같이 시멘트가 스며들지 않은 반면에 흙은 그 입자가 시멘트가 루보다 더 작아서 흙가루 속으로 시멘트 가루가 스며들어버리기 때문에, 시멘트 풀이 흙속으로 스며들어버리면 모래와 자갈을 달라붙게 할 수 없기 때문에 흙은 사용하지 않는 것이다.

그리고 시멘트가 수분을 흡수하여 한번 수산화칼슘이 되면 이산화탄소를 흡수해서 다시 안정된 원래의 탄산칼슘으로 변하려는 성질이 있는데, 이것은 콘크리트 건물에 있어서 철재골조에 대단히 중요한 사항이다. 철근은 강한 알칼리성의 수산화칼슘에서는 녹이 안 슬지만 알칼리성이 낮은 탄산칼슘에서는 비교적 쉽게 녹이 슬기 때문이다.

콘크리트 구조물을 버티는 힘은 철근 같은 철재골조 덕분인데, 콘크리트 속까지 철골이 녹이 든다는 것은 철이 산소와 결합하면서 부피가 팽창되어 콘크리트가 터지는 균열이 생기고 그 균열로 부식이 가속화되어 건축구조물의 수명이 짧아진다는 말과 같다.

형틀에 부어넣지 않은 콘크리트가 공기 중에 오래 노출되면 pH 12.5 정도의 수산화칼슘이 이산화탄소를 흡수해서 pH 9.0~9.5 탄산칼슘으로 바뀌게 되어 알칼리도가 약해지고, 그렇게 되면 콘크리트 속에서도 철근이 쉽게 녹슬게 되어 건물의 수명이 짧아지게 된다. 이런 이유 때문에 고층건물이나 댐이나 방파제의 경우 사용하다 남은 콘크리트는 사용해서도 안 되고, 새로 만든 레미콘에 섞어 써서도 안 되는 것이다.

이렇게 해서, 공사가 끝나고 콘크리트 건축구조물로 굳어지면 한번 물과 섞인 시멘트는 콘크리트 안에서 규산칼슘수화물과 수산화칼슘 상태로 모래와 자갈들의 표면을 껍 붙들어 잡고 있게 되는 것이다.

이것은 칼슘(Ca) 원자 덕분이다. 칼슘이 자연계에서는 독단적으로 존재할 수 없는 성격 때문에 다른 물질들과 합해져야 안정을 찾는데, 칼슘이 규산이란 녀들의 분자와 수산이란 녀들의 분자들을 만나서 자기들보다 훨씬 더 큰 모래도 잡아버리고, 자기들하고는 비교도 할 수 없이 어마어마하게 큰 자갈이란 녀들까지 잡아서 꼼짝을 못하게 하는 것이다.

콘크리트를 만들 때, [시멘트+물+모래+자갈]을 섞으면 시멘트는 물을 만나 주성분이 규산칼슘수화물과 수산화칼슘으로 화학적인 변환(치환)을 하는데 이때의 칼슘수화물과 수산화칼슘은 콜로이드 상태다.

콜로이드란 물에 녹지는 않지만 용액 속의 용질이 완전히 골고루 분산되어 있는 것처럼, 기체나 액체 속에서 분자나 이온보다 큰 어떤 물질의 미립자(미세한 입자)들이 뭉치거나 가라앉지 않고 골고루 분포되어 분산되어 있는 상태를 말한다. 그러니까 콘크리트 속에서 규산화칼슘과 수산화칼슘도 녹지는 않았지만(수산화칼슘은 일부 녹아 있음) 거의 녹은 것과 마찬가지로 뭉치지도 않고 가라앉지도 않고 골고루 분산되어 있다는 것이다.

그리고 콘크리트가 굳으면 규산칼슘수화물은 수산화칼슘은 겔 상태가 된다. 겔(gel)이란 콜로이드 용액이 졸아서(졸 상태) 일정한 농도 이상으로 진해져서 튼튼한 그물조직이 형성되어 굳어진 것을 말한다. 우뚝가사리(한천)을 생각하면 이해가 쉽다. 우뚝가사리 말려서 물기를 제거하고, 그것을 찜통에 물과 같이 넣고 끓이면 우뚝가사리가 녹아서 형체가 없어졌다가 걸죽해지고(콜로이드 상태), 더 졸이면 진해지고(졸 상태), 식히면 꼬득꼬득한 겔(gel)상태가 된다. 콘크리트를 만드는 시멘트도 물을 만나면 규산칼슘수화물과 수산화칼슘으로 녹으면서 콜로이드 상태가 되고, 수화반응으로 열을 내면서 수분이 증발하면 졸 상태가 됐다가, 식으면서 규산칼슘수화물(calcium silicate gel)과 수산화칼슘(소석회)이 겔 상태가 되는 것이다.

그리고 겔 상태의 시멘트가 들어있는 콘크리트 건물은 수십 년을 두고 그 콘크리트 건물은 더 단단해진다. 수산화칼슘에 포함된 물기(H₂O)가 빠져나가고 탄산칼슘(CaCO₃)으로 바뀌는 동안이다. 그렇다고 그것이 좋은 것만은 아니다. 물기가 빠져나가면서 콘크리트의 수축과 균열이 일어날 수 있고, 수산화칼슘이 탄산칼슘으로 바뀌면서 pH 11 이하로 떨어지면 콘크리트 속의 철근에 녹이 슬기 시작하기 때문이다.