

# 시멘트의 종류

崔 相 紹

〈漢陽大學校教授 工學博士〉

우리가 시멘트라고 하는 것은 보통 포틀랜드 시멘트를 말하고 있다. 이것은 보통포틀랜드 시멘트가 가장 많이 쓰이고 있기 때문이다. 그러나 시멘트는 여러 가지 용도에 쓰이고 있으므로 용도에 따라 여러 성능이 요구되고 따라서 각기 개성 있는 성질을 갖는 것이 바람직하다. 시멘트에는 가장 일반적이며 표준적인 것에서부터 4촌 형제격인 혼합 시멘트, 개성을 발휘하는 6촌 형제격인 여러가지 특수 시멘트가 쓰이고 있으며, 최근에는 아주 특수한 성질을 갖는 시멘트도 개발되고 있다.

시멘트가 콘크리트에서 차지하는 비율(용적)은 그리 많지 않으나, 콘크리트중에서 하는 역할은 절대적인 것이며 건설·구조 재료로서 시멘트를 대체할 만한 재료는 아직 생각지도 못하는 실정이다. 여기서는 지금 흔히 쓰이고 있는 시멘트를 중심으로 이를 여러 시멘트에 대하여 알아보도록 한다. 물론 시멘트 이외에도 혼화제등 시멘트의 성질을 개량하기 위한 재료가 쓰이고 있으나 원하는 성능의 콘크리트를 얻기 위하여는 무엇보다 먼저 적절한 시멘트의 선정이 중요하다. 〈표-1〉에는 포틀랜드 시멘트, 혼합시멘트 및 개성이 강한 특수 시멘트 등 다양한 시멘트를 계열별로 분류하였다.

우리나라에는 현재 시멘트 총생산량의 9할 이상이 보통 포틀랜드 시멘트로서 년간 생산량은 5,000만톤에 달하고 있으며 세계 굴지의 시

〈표-1〉 시멘트의 종류

포틀랜드 시멘트	보통 포틀랜드 시멘트
	중용열 포틀랜드 시멘트
	조강 포틀랜드 시멘트
	초조강 포틀랜드 시멘트
	저열 포틀랜드 시멘트
혼합 시멘트	내황산염 포틀랜드 시멘트
	고로 시멘트
	포출란 시멘트
특수 시멘트	플라이애시 시멘트
	백색 포틀랜드 시멘트
	알루미나 시멘트
	초속경 시멘트
	팽창 시멘트
	유정 시멘트
	지열 시멘트
	메이슨리 시멘트
	초미립자 시멘트
	시멘트계고화제
기타 특수 시멘트 (MDF시멘트, DSP시멘트)	

멘트 대국으로 부상하고 있다. 〈표-2〉에는 우리나라의 주요 시멘트 생산량을 보이고 있다.

〈표-2〉 우리나라 종류별 시멘트 생산량(1994년)

종 류	생산량(1,000ton)
보통 포틀랜드 시멘트	48,083
중용열 포틀랜드 시멘트	33
조강 포틀랜드 시멘트	20
초조강 포틀랜드 시멘트	4
내황산염 포틀랜드 시멘트	185
고로 시멘트	3,310

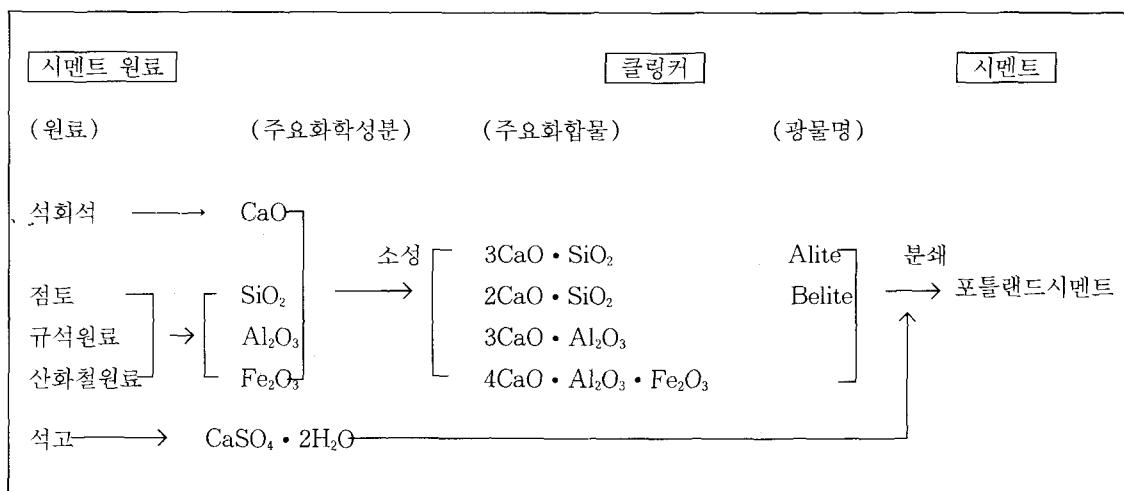
## 포틀랜드 시멘트

포틀랜드 시멘트는 시멘트 중에서 가장 많이 쓰이는 것으로 우리가 흔히 시멘트라고 하면 이 포틀랜드 시멘트, 그 중에서 보통 포틀랜드 시멘트를 가리킨다. 포틀랜드 시멘트는 석회석과 점토등 원료를 화학조성이 알맞게 적당한 비율로 조합하고 균일하게 혼합한 다음 그것을 원료 분쇄기에서 아주 보드랍게 미분쇄하고 시

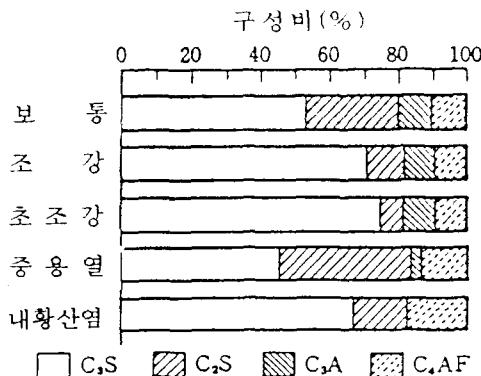
멘트가마에서 1,450°C 전후의 온도로 그 일부가 용융할 때까지 소성하여 클링커를 만들고 이 클링커에 석고를 적당량(3~6% 정도) 가하여 시멘트 분쇄기에서 미분쇄하여 제조한다.

〈그림 1〉은 시멘트 제조 공정에 따른 시멘트 원료와 클링커를 구성하는 시멘트 화합물을 보이고 있다. 〈그림 1〉에 보인 클링커 화합물의 양을 적당히 조절하면 서로 성질이 다른 포틀랜드 시멘트가 얻어진다. 즉 포틀랜드 시멘트에는 보통, 중용열, 조강, 초조강, 저열 및 내황산염 시멘트가 있으며 그 외에도 특수 포틀랜드 시멘트로서 백색 시멘트가 있는데 이들은 클링커화합물의 조합 비율과 분말도가 다르며 각기 특유의 성질을 가지고 있다. 또 이들 시멘트에는 알칼리의 양을 적게 한 저알칼리형의 시멘트도 있는데, 이는 시멘트 성분에서  $\text{Na}_2\text{O}$ 나  $\text{K}_2\text{O}$ 의 양을 적게 한 것으로 콘크리트의 골재가 알칼리 골재반응성이 있을 때 사용한다. 〈그림 2〉는 여러 포틀랜드 시멘트를 구성하고 있는 주요 화합물의 구성비를 보이고 있으며, 포틀랜드 시멘트의 종류 및 용도는 〈표 3〉과 같다.

〈그림 1〉 포틀랜드 시멘트의 제조



〈그림 2〉 포틀랜드 시멘트중의 주요화합물의  
구성비



## 혼합시멘트

포틀랜드 시멘트 클링커, 석고외에 고로슬래그, 포출란, 플라이애시 등 혼합재를 혼합한 시멘트를 혼합 시멘트라고 하는데, 말하자면 포틀랜드 시멘트의 사촌격이다. 혼합재는 그 자신만으로는 물과 반응하지 않으나 시멘트중에서 물과 반응하여 생성한 수산화칼슘과 반응하거나 자극되어 반응하여 물에 용해되기 힘든 수화물을 만든다.

고로슬래그는 고로에서 선철을 만들때에 부

〈표-3〉 포틀랜드 시멘트의 종류, 주요성질 및 용도

종류	주요성질	용도	비고
보통 포틀랜드 시멘트	시멘트로서의 보편적인 성질을 가지고 있다.	일반 콘크리트 공사용	KS L 5201 1종 ASTM C-150 type 1 JIS R 5210 보통
중용열 포틀랜드 시멘트	수화열을 낮게 하기 위해서 C <sub>2</sub> S와 C <sub>3</sub> A를 보통 포틀랜드 시멘트보다 적게 하고 C <sub>2</sub> S를 많게 한 것이다. 수화열은 보통 포틀랜드 시멘트보다 낮다. 장기 강도 발현성이 있다.	대형 콘크리트 공사용, 텁, 지하구조물, 교량 공사용	KS L 5201 2종 ASTM C-150 type 2 JIS R 5210 중용열
조강 포틀랜드 시멘트	보통 포틀랜드 시멘트보다 조기강도를 높이기 위하여 C <sub>2</sub> S를 많게 한 것이다. 강도 발현이 빨라, 보통 포틀랜드 시멘트의 3일 강도를 1일에, 보통 포틀랜드 시멘트의 7일 강도를 3일에 발휘한다.	긴급 공사용, 추운 지방의 공사용, 콘크리트 제품제조용	KS L 5201 3종 ASTM C-150 type 3 JIS R 5210 조강
초조강 포틀랜드 시멘트	조강 포틀랜드 시멘트보다 더 빨리 강도를 발휘한다. C <sub>2</sub> S를 더 많이, C <sub>2</sub> S를 적게 하고 미분쇄한 것으로 조강 시멘트의 3일 강도를 1일에 발휘한다.	초진급 공사용	JIS R 5210 초조강
저열 포틀랜드 시멘트	수화열이 중용열 시멘트보다 낮다	대형공사용	KS L 5201 4종 ASTM C-150 type 4
내황산염 포틀랜드 시멘트	황산염에 대한 저항을 높이기 위하여 C <sub>3</sub> A를 적게 한 것이다.	황산염을 가지는 토양 지대용, 지하수 공사용	KS L 5201 5종 ASTM C-150 type 5 JIS R 5210 내황산염
백색 포틀랜드 시멘트	색상이 백색인 시멘트로 보통 포틀랜드 시멘트에 비하여 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 의 양을 아주 적게 규제하고 있다.	장식용, 칼라 시멘트용	KS L 5204

산되는 것으로 철광석과 코크스에 포함된 실리카, 알루미나 및 황화물 등과 용제로 사용되는 석회석의 석회가 반응을 하여 용융물로 되어 선철과 분리되어 냉각, 고화한 것이다. 이때, 물로 급랭 분쇄한 고로 슬래그는 결정화되지 못한 유리질의 작은 모래 모양으로 되어 있다. 이것은 잠재 수경성, 즉 슬래그 자신만으로 경화하지 않지만 포틀랜트 시멘트,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ , 알칼리 등과 반응을 하여 수경성을 나타내는 성질을 가지고 있다.

이 수쇄된 고로 슬래그를 포틀랜트 시멘트에 혼합하여 분쇄한 시멘트를 고로 슬래그 시멘트라고 한다. 서냉된 고로 슬래그는 덩어리로 결정화되어 있으며, 수화 현상을 일으키지 않는다.

포틀랜드 포출란 시멘트에 혼합되는 실리카 질 혼합재로 천연산 및 인공의 것을 통틀어 포출란(Pozzolanas)이라고 한다. 이 이름은 이탈리아 포출리 지방에서 산출되는 화산재가 옛날부터 광범위하게 석회등과 혼합하여 사용되었기 때문에 붙여진 것이다. 포출란 혼합재는 산이나 알칼리에 의한 가용성 실리카의 함량이

많아야 한다. 포출란은 자체만으로는 경화하는 성질을 가지고 있지 않지만,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 나 포틀랜트 시멘트와 혼합하여 수화시키면 물에 불용성인 규산 칼슘 수화물을 생성하게 되어 경화하는데 이와 같은 작용을 하는 것을 포출란 반응이라 한다.

시멘트의 혼합재인 플라이 애시는 화력 발전소의 보일러 등에서 미분탄 연소시에 채가 용융하여 미세한 둥근 알갱이로 되어, 배기가스와 함께 연도를 통하여 날라 온 것을 집진기로 모은 것이다. 플라이 애시는 화산재에 대신하는 인공 포출란의 한 종류이다.

혼합시멘트는 일반적으로 시멘트 수화열이 적고 경화체는 치밀하고 수밀성이 커지며 여러 가지 염류에 대한 화학 저항성이 커지는 특징을 가지고 있으나 초기 수화가 느린다. 혼합시멘트는 에너지 절약과 자원보존에도 한 몫을 한다. 고로 슬래그나 플라이 애시는 산업 부산물이므로 이를 사용하는 시멘트는 자원 유효이용에도 기여한다.

혼합시멘트의 종류·성질 및 용도는 〈표-4〉와 같다.

〈표-4〉 주요 혼합시멘트의 분류, 주요 성질 및 용도

분류	성질	용도	비고
고로 슬래그 시멘트	수냉한 고로 슬래그를 혼합한다. 장기강도는 보통포틀랜트 시멘트와 비슷하며, 지하수, 바닷물에 대한 저항성을 가지며, 투수성이 적다.	슬래그 함량이 적은 것은 보통 포틀랜트 시멘트처럼 사용. 슬래그의 양이 많은 것은 댐, 항만 공사 등 토목 공사용으로 사용된다.	KS L 5210 ASTM C-595 JIS R 5211
포출란 시멘트	실리카질 혼합재를 혼합한다. 장기 강도가 증진된다. 내구성, 수밀성이 좋다.	혼합재의 양이 적은 것은 보통 포틀랜트 시멘트처럼 사용. 혼합재가 많은 것은 토목 공사용, 오토클레이브 양생제 품용으로 사용된다.	KS L 5401 ASTM C-595 JIS R 5212
플라이애시 시멘트	플라이 애시를 혼합한다. 장기 강도가 증진된다. 비교적 적은 혼수량으로도 유동성이 좋으며, 건조수축이 적고 수밀성, 화학저항성이 있다.	혼합재의 양이 적은 것은 보통 포틀랜트 시멘트처럼 사용. 혼합재 양이 많은 것은 토목 공사용으로 사용된다.	KS L 5211 ASTM C-595 JIS R 5213

〈표-5〉 주요 특수 시멘트의 분류

분류	성질	용도	비고
알루미나 시멘트	칼슘알루미네이트를 주성분으로 함. 1일 강도가 보통 포틀랜드 시멘트의 28일 강도를 발현하며 내화성, 내식성을 가진다. 수화물의 변태에 주의를 요한다.	긴급 공사용, 화학공장 용, 특히 내화물용으로 사용된다.	KS L 5205(재화물용) JIS R 2511
초속경 시멘트	수화 속도가 빠르며, 단시간 내에 응결 경화한다.	긴급 공사용	
팽창성 시멘트	팽창성 혼합제를 혼합한 것으로 시멘트 콘크리트의 수축 보상 또는 팽창성을 부여한다.	수축에 의한 균열 방지 용, 시멘트 2차 제품용	ASTM C-845
유정 시멘트	유정 개발에는 지하의 온도 압력하에서 사용할 수 있는 특수 성질을 가져야 한다. 분산제, 지연제 등 혼화제 혼합 한다.	유정용	API 규격

## 특수 시멘트

포틀랜드 시멘트나 혼합시멘트 이외에도 시멘트에는 특수 목적에 사용되는 여러가지 시멘트가 있다. 이를 시멘트는 그 제조 방법도 보통 시멘트와는 다르게 제조되는 경우도 있으며 값도 비싸다. 현재 주로 쓰이고 있는 것은 알루미나 시멘트, 초속경 시멘트, 팽창성 시멘트, 유정 시멘트 등이다.

알루미나 시멘트는 알루미나질 원료(보통 보크사이트를 사용)와 석회석을 주원료로 그 원료 혼합물을 용융 또는 그 일부가 용융되어 소결할 때까지 가열하여 클링커를 얻고 이를 미분쇄하여 제조한다. 주요 조성 화합물로는 칼슘 알루미네이트가 있다. 물과 반응하여 곧 수화하며 강도 발현이 빠르며 그 외에도 내화성, 내산성 등이 우수하다. 최근에는 주로 내화물 등으로 쓰이고 있다.

초속경 시멘트도 역시 수화반응이 빠르고 곧

응결·경화가 진행하여 강도를 발현한다. 응결 정화시간은 “응결제어제”를 첨가하여 조절할 수 있다.

팽창성 시멘트는 콘크리트의 건조 수축에 의한 균열 방지를 위하여 적당한 양의 팽창성 재료를 혼합하거나 팽창성 화합물을 클링커에 생성 시켜 만든 것이다. 팽창제로는 보통 황산 칼슘 알루민산염(CSA)이 많이 쓰이는데, 용도에 따라 팽창제의 양의 관리가 중요하다.

이들 시멘트의 성질과 용도는 〈표-5〉와 같다.

특수 시멘트는 인간의 욕구에 따라 점점 더 새로 개발되어 늘어나고 있다. 고층 건물의 출현, 지하 공간 활용 및 지열 에너지 개발, 해양 개발 나아가 우주 공간 개발등 다양한 요구에 따라 특수 시멘트의 존재 가치는 늘 것이며, 재료 자체로서의 새로운 시멘트재료(예, MDF 시멘트)의 출현등 시멘트의 형제도 계속 많아지게 될 것이다.