

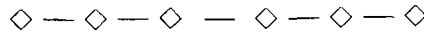
시멘트의 全部

朴 鍾 璇

〈韓國洋灰工業協會技術課長〉

目 次

- | | |
|--------------------|----------------|
| 1. 시멘트 略史 | 5. 시멘트 製造工程 |
| 2. 韓國의 시멘트 產業史 | 6. 시멘트 品質 |
| 3. 시멘트 產業 및 商品的 特性 | 7. 流通構造 |
| 4. 시멘트의 種類와 特性 | 8. 使用上 注意와 使用法 |



1. 시멘트 略史

시멘트의 語源은 라틴語의 Caedere (切石 또는 碎石의 뜻)가 Caedimentum 과 Cementum으로 變更되었다가 결국 시멘트로 낙착된 것으로 알려져 있다.

시멘트를 廣義로 풀이하면 물 또는 鹽類溶液으로 반죽했을 때 硬化하는 無機質材料를 총칭한다. 그러나 오늘날 시멘트라 하면 포틀랜드系 시멘트가 그 主體를 이루고 있으므로 이것을 狹義로 풀이해서 포틀랜드 시멘트와 同意語로서 사용하고 있다.

1824년 美國 Leeds 市の 한 벽돌공인 Joseph Aspdine은 石灰石과 粘土를 섞어 덩어리를 만들고 이것을 炭酸가스가 發散할 정도의 品質로 구운 후 이를 粉末로 하는 製法으로 오늘날의 포틀랜드 시멘트를 發明했다. 이 시멘트는 品質이 優秀하며 強한 水硬性을 지니고 또 色度는 英國의 Portland 島에서 產出하는 Portland Stone(石灰岩)의 색깔과 비슷한데서 Portland Cement라고 하는 명칭이 붙여졌다.

Aspdine의 製法은 英國에서 獨逸로 傳達되어 1856년 포틀랜드 시멘트工場이 처음 세워짐에 따라 全 유럽에 普及되었을 뿐만 아니라 亞細亞, 美國大陸에 까지 건너가서 工場數도 점차로 증가하고 生産技術과 品質이 改良됨으로써 生産量이 增加되고 品種의 多樣化를 가져오기 시작했다.

그동안 세계 시멘트 需給狀況은 生産의 경우 1962년 353백만톤에서 1983년 916백만톤으로 증가했다.

한편 輸出은 1962년 13백만톤에서 1983년에는 77백만톤으로 상당량이 증가함으로써 輸出人이 전체 需給量에서 차지하고 있는 비중이 점차 높아지고 있다.

1983년 세계의 地域別 시멘트 需給을 보면 우선 生産側面에 있어서 유럽이 全體의 43.7%, 아시아가 36.7%를 차지해 이 兩大 生産圈이 세계 全體의 80.4를 供給하고 있으며 消費에 있어서도 역시 유럽과 아시아가 각각 40.1%와 37.9%를 차지하여 大規模 消費圈을 形成하고 있다.

輸出에 있어서는 유럽이 54.5%로 세계의 半

이상을 차지하고 아시아가 36.4%로 이 2個地域이 세계 輸出의 90.9%를 담당하고 있으며 輸入에 있어서는 아시아가 52.6%, 아프리카가 27.6%를 차지하고 있다.

한편 시멘트 크링카 燒成用 Kiln은 1824년 포틀랜드 시멘트가 發明되었을 당시 Shaft Kiln에 이어 1877년 英國人 Ronson이 Rotary Kiln을 發明한 후부터는 Wet long Kiln과 Lepol Kiln이 등장하게 되었다.

1950년까지는 이 Lepol Kiln과 大型 Long Kiln이 시멘트 生産의 主流을 이루어 왔다. 시멘트 製造技術은 마침내 독일 Humboldt社가 熱效率이 좋고 大量生産이 가능한 SP(Suspension Preheater)方式의 키른을 開發하여 1960년대를 장식하였다.

그러나 Kiln의 大型化에 따라 燒成帶의 熱負荷가 커지고 燒成帶 耐火物에 破損을 가져오는 SP키른의 短點을 補完하기 위하여 다시 새로운 燒成시스템의 개발이 시도되었다.

1970년대에는 熱效率이 좋은 煨燒爐를 키른과 SP 中間에 設置하여 Kiln에 投入되는 原料의 대부분을 脫炭酸시킴으로써 Kiln 內에서의 脫炭酸 反應의 負荷를 減少시키는 NSP方式이 개발되기에 이른다.

NSP方式의 개발은 시멘트 産業에 새로운 轉機를 가져왔는 바 이는 Kiln의 生産能力을 倍增하였을 뿐만 아니라 Kiln의 煉瓦壽命도 연장시켜 Kiln의 稼動率과 安全度가 높아지는 한편 Alkali by-pass의 容易 및 NO_x의 減少도 가져와 品質向上과 公害問題 해결에 큰 공헌을 했다.

특히 크링카 燒成熱량의 節減은 從前의 Long Kiln과 Lepol Kiln이 크링카 1톤당 각각 1,300 Kcal 및 930 Kcal가 所要되는데 反해 SP, NSP Kiln은 750~800 Kcal의 劃期的인 低水準을 가져왔다.

앞으로 시멘트 燒成技術은 계속 새 技術開發에 도전하여 Kiln 없이 流動狀態에서 크링카 燒成反應을 進行시키는 流動層 燒成方法이 試圖되고 있다.

포틀랜드 시멘트의 發達에 따라 크링카가 主體가 되고 이것에 高爐슬래그 혹은 포졸란, 珪酸質과 같은 混合材를 섞은 混合포틀랜드 시멘

트도 製造되었다.

1862년 獨逸에서는 슬래그를 混合한 슬래그 시멘트를 개발하여 포틀랜드 시멘트와 더불어 널리 普及되기 시작했다.

또한 포틀랜드 시멘트 외에 알루미나 시멘트가 1907년경부터 프랑스의 비어, 美國의 Spackman 등에 의해 研究開發된 데 이어 세계 각국은 시멘트 品種開發을 위하여 꾸준히 努力하고 있다.

시멘트 産業은 1960년대 前半期만 해도 雇傭의 創出, 經濟의 內部構造 발전 등에 대한 寄與效果로 인하여 安定的 成長期를 謳歌하였으나 후반기부터는 粉塵放出을 비롯해서 廢水, 騒音 등으로 公害誘發産業으로 인식되어 世界各國 특히 先進國에서는 시멘트工場의 親規建設을 기피하는 경향이 강해지고 있다. 더욱이 1, 2次 石油 危機로 인한 세계적 에너지 危機意識은 시멘트 産業에 過重한 負擔을 주고 있다.

따라서 最近 각국의 시멘트業界에서는 産業廢棄物로서 각종 化學廢棄物, Fly Ash, Slag, 硬石, 발전소의 Bottom Ash 등을 시멘트 産業에 사용함으로써 에너지 코스트를 節減시키고 公害減少로 産業의 이미지를 提高시키는데 총력을 경주하고 있다.

한편 세계 각국은 規模經濟에 의한 收益率의 향상을 위해 시멘트工場을 大單位化하고 있으며 生産性 향상을 통하여 投資回收率을 높이는 데도 힘을 쏟는 추세이다.

2. 韓國의 시멘트 産業史

우리나라에 처음으로 시멘트工場이 세워진 때는 日本 小野田 시멘트(株)가 平壤近郊의 勝湖里에 年産 6만톤 규모의 勝湖里工場을 건설한 1919년이다.

1942년 건설된 年産能力 18만톤 규모의 三陟工場을 끝으로 8.15 解放前까지의 시멘트 産業은 3社 6工場, 키른 17基, 年産能力 180만톤으로 기록돼 있다. 그러나 光復前까지 設立된 시멘트工場은 순전히 日本人 資本과 技術에 의한 日本의 것이지 우리의工場이 아니었음은 명백한 事實이다.

따라서 우리나라 시멘트産業은 事實上 日本人에 의해 建設되었던 三陟工場의 1959년 大補修 作業 成功과 이에 앞서 6·25 動亂後 급증하고 있는 시멘트 需要에 대비코자 우리가 직접 建設한 聞慶工場이 1957년 9월 年産 40만톤 규모로 稼動된 것을 契機로 始作되었다고 볼 수 있다.

그후 시멘트産業은 마침내 工業化 길로 줄달음치는 時代的 潮流와 일치하여 政府의 1次 經濟開發 5個年計劃의 主要 國家的 事業으로서 1964년 4월 SP 키른 2基, 年産 40만톤 규모의 近代의 設備를 갖춘 雙龍 寧越工場을 비롯 同年 6월 Lepol 키른 2基, 年産 41만톤 규모의 韓一 丹陽工場과 同年 7월 Lepol 키른 1基, 年産 20만톤 규모의 現代 丹陽工場 등이 속속 稼動되었고 이어 1969년 12월 SP 키른 2基, 年産 能力 102만톤 규모의 星信 丹陽工場이 준공됨으로써 初期 基盤을 구축하기에 이르렀다.

계속해서 시멘트産業은 70년대에 進入할 때까지 國家基幹産業으로서 뿐만 아니라 경제개발의 戰略産業으로 선정되어 生産施設의 新·增設에 박차를 加하게 됨으로써 어느 産業보다도 劃期的인 發展을 거듭하였다고 볼 수 있다. 즉 시멘트工場은 기존 2個工場 외에 7個工場(白시멘트 1個工場 包含)으로 늘었고 키른數도 5基에서 21基로, 生産능력은 1961년 78만톤에서 1971년까지 무려 9.5배가 늘어난 692만톤에 달해 1971년에는 세계 제 20위의 시멘트 生産國으로 浮上했다.

이로써 지금까지 만성적인 시멘트 輸入國에서 輸出國으로 轉換 1971년에는 94만톤을 輸出, 세계 제 11위의 시멘트 輸出國으로도 발돋움했다.

그러나 시멘트 産業은 高度의 성장을 거듭함에 비례하여 經營, 資金, 需給, 流通, 輸送, 價格 등 多方面에 隘路事項과 부작용이 빈발하였다. 1971년 大韓洋灰의 經營權 移讓, 東洋의 法定管理申請 등은 業界가 共同으로 겪어야만 했던 시멘트 産業受難史의 代表的인 斷面이기도 하다.

우리나라 시멘트 産業의 初期 産業化 段階는 量的 成長위주에 그쳤으나 1972년부터는 質的

향상도 並行, 均衡成長을 追求하기 시작했다.

즉 量的인 成長을 나타내는 生産能力은 1971년 692만톤에서 1984년 2,346만톤으로 3.4배 크링카 基準 生産량은 664만톤에서 2,043만톤으로 3.1배, 輸出은(82년基準) 94만톤에서 562만톤으로 6배, 內需은 610만톤에서 1,851만톤으로 3.1배씩 대폭적으로 증가되었다.

따라서 1982년 基準 우리나라 시멘트 生産 實績은 1971년의 世界 20位에서 12位로, 輸出은 11位에서 4位로 각각 7위어 올랐다.

이와 並行, 技術的인 面에 있어서도 급진적인 發展을 보여 키른 改造와 燃料代替事業 등으로 生産性을 크게 향상시키는 한편 原價節減에도 全力을 쏟았으며 아울러 品質管理, 廢熱利用, 工程의 自動化, 輸送裝備의 擴充, 流通設備의 증대 公害防止 設備의 확대 등 많은 質的 향상을 圖謀했다.

또한 1971년부터는 5種 시멘트(耐黃酸鹽시멘트)를, 1982년부터는 2種(中庸熱) 및 3種(早強) 시멘트를 각각 生産한데 이어 1985년에 와서는 메스리 시멘트와 같은 特殊시멘트가 생산됨으로써 벽돌과 타일 접착용으로 널리 사용되고 있으며 계속하여 超早強(One day) 시멘트 및 超速硬(One hour) 시멘트와 膨脹시멘트 등이 研究開發되고 있어 시멘트 製品의 多樣化를 積極的으로 꾀하고 있다.

이 같은 一連의 事業들은 거의가 國內 技術陣에 의하여 이루어지고 있을 뿐만 아니라 그 過程에서 技術의 熟練度를 높여 自體 技術開發에 큰 進歩를 가져왔음은 물론 技術의 海外 進出에도 발판을 다져가고 있다.

이러한 過程 가운데 지난 79년 이후 세계적인 長期 不況 여파로 마이너스 成長을 甘受했던 80년초 業界 限界狀況은 70년대 초의 不況과 함께 20여년의 시멘트 産業史에 있어서 지워질 수 없는 逆境이기도 했다.

現在 우리 시멘트業界는 落後된 施設을 改替하거나 증설함으로써 生産技術의 利點을 최대로 활용하고 있다. 이 같은 현상은 最近 2~3년 內에 더욱 활발히 推進되고 있는 바 이로 인한 추가 施設能力은 무려 500만톤 이상에 달한다.

최신 生産技術을 이용함으로써 生産性 향상과

原價節減 효과를 極大化시키고 있다는 면에서는 큰 意義을 가지고 있으나 生産量의 증가로 인한 需給不均衡 현상은 시멘트 特有의 構造的 難題에 얽혀 業界에 또 다른 試練을 誘發시키지 않을까 심히 우려된다.

3. 시멘트産業 및 商品的 特性

시멘트産業은 규모의 經濟가 크게 작용하는 資本集約的 裝置産業으로서 대규모 施設投資를 要求하게 되어 他産業에 비해 資本集約도와 固定資本比率이 매우 높은 반면 投資效率은 낮다. 따라서 企業의 危險負擔이 매우 크며 競爭의 市場構造를 형성하기도 힘든 산업이다.

또한 시멘트産業은 石灰石을 粉碎하여 燒成하는 것이 主要 工程이므로 原價 構成上 主原料費보다 에너지費用 比率이 높아서 石油基礎化學, 製鐵 및 製鋼業 같이 에너지 誘發效果가 매우 높은 에너지 多消費型 산업에 속한다.

또 시멘트는 重量貨物 제품으로서 다른 産業에 비해 輸送費用이 많이 든다. 그리하여 內需에 있어서도 높은 輸送費用이 여러가지 問題를 야기시키고 있으며 輸出의 경우는 海上運賃이 너무 높아 遠距離 地域에 대한 輸出은 거의 不可能한 實情이다. 따라서 시멘트産業은 輸出의 附加價值를 높이기 어려운 內需爲主의 産業型이라고 말할 수도 있다.

또한 시멘트産業은 시멘트需要 自體에 있어서도 建設活動이 활발한 4~10월에 집중되어 있는 派生需要로서 需要의 季節性이 매우 강한 반면 生産地와 消費地間의 偏在가 심해 需給不安定의 구조적 要因이 되고 있을 뿐 아니라 輸送費用의 上昇要因이 되고 있어 輸送裝備 확보와 消費地 備蓄機能의 강화가 持續적으로 強調되고 있다.

시멘트는 石灰(CaO), 硅酸(SiO₂), 알루미늄(Al₂O₃), 酸化鐵(Fe₂O₃)를 함유하고 있는 原料를 적당하게 配合, 粉碎, 混合한 후 용융할 때까지 燒成하여 만든 크링크에 適量의 石膏를 첨가하여 粉碎시킨 것이다.

그리고 시멘트製造에 적합한 原料配合은 水硬率 $C/(S+A+F)$, 硅酸率 $S/(A+F)$, 鐵率 (A/F) ,

石灰飽和度(LSF) 등 比率과 成分들이 필요로 하는 범위 내에서 計算, 조정한다.

시멘트 主成分인 상기 4成分을 化合하여 高溫으로 燒成하면 硅酸三石灰; C₃S(3CaO·SiO₂), 硅酸二石灰; C₂S(2CaO·SiO₂), 알루미늄산三石灰; C₃A(3CaO·Al₂O₃), 鐵알루미늄산四石灰; C₄AF(4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃)라는 礦物組成이 구성된다. 즉 Alite(C₃S), Belite(C₂S), Celite(C₄AF), Aluminate(C₃A)가 主組成物이다.

각 化合物의 特性은 다음과 같다.

C₃S: 시멘트의 初期強度를 左右하고 있으며 凝結이 빠르고 水和熱이 높으며 水中 膨脹이 크다.

C₂S: 시멘트의 後期強度에 寄與하고 凝結은 서서히 일어나며 水和熱이 낮다.

C₃A: 初期凝結이 가장 빠르고 收縮이 심하며 海水, 汚水에 대한 低抗性이 弱하다.

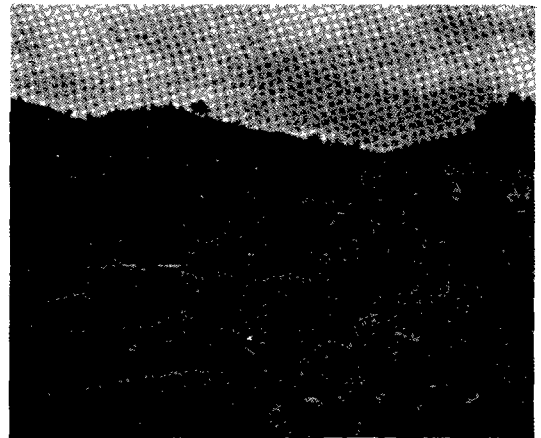
C₄AF: 水和作用은 비교적 빠르지만 強度에 寄與하는 것은 적다.

遊離石灰(Free CaO): 多量이면 龜裂이 발생되고 凝結이 빨라진다.

遊離마그네시아(Free MgO): 多量이면 龜裂을 초래한다.

알칼리成分(K₂O, Na₂O): 多量이면 凝結時間調整과 알칼리성 골재와 反應을 일으켜 破壞 및 鐵筋腐蝕을 초래한다.

시멘트는 일단 물을 加하면 水和反應(凝結과 硬化)을 일으키는 特性을 가지고 있다. 즉 시멘트에 물을 加하여 반죽을 하면 처음엔 물렁물렁



한 不定形으로 되었다가 空氣와 접촉 점차 단단하게 되고 다음 乾燥하게 된다. 流動性이 없어지는 狀態를 凝結이라 하고 凝結終結後 서서히 強度가 발생하기 시작하는 固結狀態를 硬化라고 부른다. 이 凝結과 硬化는 근본적으로 동일한 性格의 化學反應이며 凝結에서 硬化로 반응이 진행되고 있을 뿐이다.

그러나 시멘트의 가장 중요한 品質特性은 強度에 있다고 하겠다. 보통 3~7 일 強度를 初期強度라 하고 28 일 강도를 후기강도라 하고 있으며 나라마다 그 나라의 特殊條件에 따라 중요시하는 포인트에 다소 차이가 있다.

美國에서는 初期強度를 日本 등지에서는 지진 관계로 後期強度를 중요시하고 있다. 우리나라는 보통 초기강도를 중요시하는 경향이였다.

한편 시멘트는 貯藏中 空氣中の 水分과 반응하여 일부 水和, 強度損失의 원인이 되기도 한다.

시멘트는 粉末이 고울수록(Fine) 反應性이 좋아지므로 세계 각국의 工業規格에서는 시멘트의 粉末도가 명시되어 있다.

시멘트가 凝結中 膨脹한다고 할 때 이로 인한 스트레스는 龜裂을 일으킨다. 이를 安定度라고 부르고 이에 대해서도 규격에 명시하고 있다.

또한 크링카의 燒成反應時 成分비가 적당하지 못하거나 燒成不良으로 硅砂나 알루미나와 결합하지 못한 채 남겨져 있는 遊離狀態의 石灰分을 후리라임이라고 하며 이는 激烈한 水和反應을 하여 膨脹·龜裂을 일으킨다.

收縮龜裂은 시멘트 물탈을 충분한 時間, 혹은 습한 狀態에서 乾燥시키지 않았거나 물의 量이 過多한 경우 발생하는 收縮을 말하며 遊離石灰에 의한 龜裂은 遊離石灰의 급격한 水和反應으로 발생하는 龜裂이다. 이 외에도 시멘트의 龜裂은 마그네시아 龜裂과 石膏龜裂이 있다.

1) 마그네시아 龜裂

시멘트 成分中 마그네시아(MgO)의 最大 許容量(6% 이하)을 정하여 間接的으로 규정하고 있다. 시멘트 成分中 마그네시아분이 많으면 龜裂이 발생하게 되는데 이는 마그네시아도 水和反應速度가 매우 급격하기 때문이다.

2) 石膏 龜裂

시멘트 成分中 石膏가 과다한 경우 龜裂이 발생하는데 最大 許容量이 規格에 명시되어 있으나(3%~3.5%) 최근 許容限界가 높아지고 있다. 石膏에 의한 龜裂의 특징은 몇개월 후 또는 몇년 후 龜裂이 나타난다는 점이다.

시멘트와 물은 凝結·硬化에 의하여 化學的으로 結合하게 되므로 乾燥하거나 100~110℃로 加溫해도 脫水되지 않는다. 이 같이 물과의 結合反應을 水和라고 하고 이 水和反應時 生成되는 熱을 水和熱이라 한다.

水和熱은 初期凝結에만 문제시 되는 것으로 경제적으로 유리한 점도 많다. 즉 外氣溫度가 낮은 계절에는 이 水和熱이 시멘트의 凝結硬化 반응을 촉진하게 돼서 保溫하지 않고서도 工事を 할 수 있으나 반대로 매스콘크리트의 경우 外氣溫度가 높을 경우 콘크리트의 部分에 따라 溫度差가 생기게 되어 龜裂을 유발할 수도 있다.

4. 시멘트의 種類와 特性

시멘트 種類는 크게 나누어 氣硬性 시멘트(空氣中에서만 硬化), 水硬性 시멘트(空氣 및 물속에서 硬化), 特殊 시멘트(耐酸시멘트, 齒科用 시멘트)로 分類할 수 있다.

그러나 시멘트工業上 실제로 가장 중요한 것은 水硬 시멘트 중 포틀랜드 시멘트 1~5種 및 高爐 시멘트, 실리카 시멘트, 플라이애쉬 시멘트 등 混合 포틀랜드 시멘트이다.

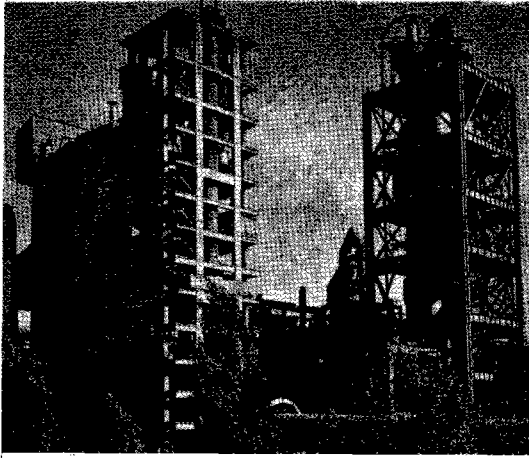
이 같은 중요한 시멘트에 관해서는 韓國標準規格(KS) 또는 美國 ASTM規格이 설정되어 있다.

• 普通 포틀랜드 시멘트(I型, Ordinary)

일반적으로 포틀랜드 시멘트라 하면 보통 시멘트를 가리키고 있으며 土木建築의 각 工事に 널리 사용하고 있는 萬能 普遍的인 性質을 具備하고 있다.

• 中庸熱 포틀랜드 시멘트(II型, Moderate Heat)

보통 시멘트와 早強 시멘트와의 中間 性質을 갖고 있는 시멘트이다. 水和熱을 적게 하기 위



하여 C_3S (50 % 以下)와 C_3A (8 % 以下)를 가능한 한 줄이고 長期強度를 발생케 하는 C_2S (40 %)가 많도록 化學組成이 되어 있다. 그 특성은

① 水和熱이 낮으므로 터널공사 등 Mass Concrete에 적합하다.

② 初期強度는 普通 시멘트보다 낮으나 長期強度는 약간 높다.

③ 耐硫酸성이 좋다.

④ 壓縮強度와 引張強度의 比가 적어서 道路用에 좋다.

• 早強 포틀랜드 시멘트(Ⅲ型, High Early Strength)

C_3S 함유량은 최대한 유지하고 C_3A 는 적절히 調節하고 있는 시멘트로서 原料의 精選, 調合, 均一, 完全燒成, 急冷 등의 科學的 管理와 設備를 必要로 하고 있다. 그 특성은

① 短期에 높은 強度를 發現시켜 工事期間을 단축할 수 있다. (普通 시멘트와 비교해서 1일 強度 약 3배, 3일 強度는 2배).

② 低溫에도 強度發現이 좋아 寒中工事에 적합하다.

③ 水和 속도가 빨라 (水和熱이 50 ~ 60 °C까지 상승) 콘크리트에 금이 가는 원인이 되고 있어 사용에 주의를 요한다.

④ 콘크리트의 水密성이 좋아 地下室, 海水, 硫酸鹽 侵蝕에 대해서 低抗性이 強하다.

• 低熱 포틀랜드 시멘트(Ⅳ型, Low Heat)

水和熱이 中庸熱 시멘트보다 낮은 시멘트이다. 韓國標準規格(KS)에는 규정되어 있지 않으나 美國規格(ASTM)에는 水和熱을 60Cal/g 이하(7일), 70Cal/g (28일) 이하로 규정하고 있다. 中庸熱 시멘트와 동일한 특성을 가지고 있다.

• 耐黃酸鹽 포틀랜드 시멘트(V型, Sulfate Resisting)

시멘트 중의 C_3A 함유를 最低限度로 유지하여 黃酸鹽에 대한 低抗性을 強調하고 있다. KS에는 규정되어 있지 않으나 ASTM에서는 C_3S 50 % 이하, C_3A 5 % 이하로 규정하고 있다. 그 특징은 黃酸鹽을 많이 함유하고 있는 土壤, 地下水에 닿는 곳의 콘크리트工事(터널 水路라이닝, 暗渠)에 사용한다.

• 高爐 시멘트(Portland Blast-furnace Slag Cement)

高爐슬래그(Slag)를 포틀랜드 시멘트用 크링카와 石膏를 혼합, 粉碎한 混合시멘트이다. 製造面에서 슬래그는 그 比表面積을 4,000 ~ 4,500 cm^2/g 정도가 되도록 粉碎하여야 한다.

高爐슬래그 시멘트는 슬래그 含量에 따라 A: 슬래그 30 % 以下, B: 30 ~ 60 %, C: 60 ~ 70 %의 3가지가 있다.

슬래그 시멘트의 특성은

① 下水, 海水에 대한 低抗性이 크다.

② 水和熱이 비교적 적어 댐, 河川, 港灣, 도로, 建築工事 등에 쓰인다.

③ 乾燥時 收縮現象이 심하므로 初期 養生時 주의하여야 한다.

※ 高爐슬래그: 製鐵工場의 高爐에서는 鐵鑛石과 石灰石이 高溫에서 溶融, 還元反應이 일어나 鐵은 分解되고 鐵鑛石의 不純物인 硅酸(SiO_2), 알루미나(Al_2O_3)와 石灰石에서 발생된 石灰(CaO)가 化合하여 高溫으로 인하여 녹은 狀態로 浮遊한 것을 말한다. 이 용융 슬래그를 물이나 電氣 등으로 急冷하면 砂粒狀의 硝子相으로 되는데 이것을 시멘트용으로 사용하고 있다.

• 실리카 시멘트(Silica Cement)

크링카와 10 % 이하의 포졸란(Pozzolan)을 配合한 시멘트를 말한다. 포졸란은 天然産(火山灰

白土)과 人工실리카質을 충칭한다. 포졸란은 自身은 硬化하는 性質이 없으나 消石灰($\text{Ca}(\text{OH})_2$)와 化合하는 性質이 있다. 이에 따라 不溶性의 칼슘-실리케이트 水和物(Calcium-Silicate hydrate)을 생성해서 硬化한다. 실리카 시멘트는 실리카 混合材 含量에 따라 A: 10% 以下, B: 10~20%, C: 20~30%의 3가지가 있다. 그 특성은

- ① 初期強度는 낮으나 後期強度가 높다.
- ② 水密性이 좋아 耐久性이 우수하다.
- ③ 吸水에 의한 施工軟度(Workbilty)를 증가시켜 骨材와의 分離를 막는다.

• 플라이 애쉬 시멘트(Fly Ash Cement)

크링카와 플라이 애쉬에다 適量의 石膏를 加하여 混合, 粉碎해서 製造한 시멘트이다. 플라이 애쉬는 콘크리트와 混合 사용하면 球狀粒子로 되어 있기 때문에 기계의 볼 베어링(Ball Bearing)과 같은 作用을 하여 流動性을 크게 하고 添加水量이 적어도 되며 이에 따라서 強度를 높여주는 역할을 한다.

※ Fly Ash: 火力發電所, 炭然燒, 보일러 등의 燃燒過程에서 溶融狀態로 된 灰分이 煙道에 吸引되는 도중 冷却, 集塵裝置에 捕集되는 것을 말한다.

이 시멘트는 실리카 시멘트와 類似한데 後期強度가 좀더 높다. 그 특성은

- ① 後期強度는 普通 시멘트보다 強하다.
- ② 乾燥收縮이 적다(中庸熱 시멘트와 비슷).
- ③ 水和熱이 적다.
- ④ 化學低抗性이 強하다.
- ⑤ 댐 工事와 一般 土木工事に 널리 쓰인다.

• 메스리 시멘트(Masonry Cement)

크링카와 石膏에다 廢石 石灰石과 適量의 有機混味劑(可型劑, A.E劑)를 加하여 混合, 超微粉碎한 ($5,000\text{cm}^2/\text{g}$) 시멘트이다. 그 특성은

- ① 保水性和 粘度가 높다.
- ② 組積, 미장, 타일 接着에 사용한다.

• 白色 시멘트

보통 시멘트는 鐵分(Fe_2O_3)이 3% 程度인데 白色 시멘트는 0.3% 이하로 되어 있다. 따라서

白 시멘트는 鐵分이 들어가지 않게 하기 위하여 原料와 燃料의 選擇, 組成 및 燒成, 粉碎 등에 특별히 고려되어야 한다. 이 시멘트는 보통 시멘트에 비해 早期強度는 다소 낮으나 그의 性質은 大同小異하여

- ① 強度가 높고 耐久性이 있다.
- ② 建築物 内外面의 塗裝, 人造大理石 등 각종 加工品, 裝飾用, 採光用, 標識用 등에 많이 쓰인다.

• 알루미늄 시멘트

石灰石과 보키사이트(Bauxite)를 原料로 하여 溶融, 冷却, 微粉碎하여 製造한 시멘트이다. 이 시멘트의 특성은 早期強度, 化學的 低抗性, 耐久性 등이 크다는 점이다.

5. 시멘트 製造工程

시멘트 製造工程은 原料의 배합, 粉碎貯藏, 혼합 등 原料處理工程과 燒成, 冷却 등 燒成工程 및 石膏와 混合粉碎, 포장 등 製品化工程 등으로 나누어진다.

1) 原料處理工程

(1) 原料粗碎工程

採石場에서 塊狀으로 工場에 搬入된 原料는 粉碎機에서 微粉碎하기 전에 롤러크러셔(Roller Crusher), 조크러셔(Jaw Crusher), 임팩트크러셔(Impact Crusher), 자이라토리크러셔(Gyratory Crusher) 등의 粗碎機를 사용하여 粗碎한 다음 건조하거나 물에 섞어 Slurry 상태로 만든다.

(2) 原料乾燥工程

原料를 微粉碎하기 위하여 乾燥시키는 과정이다. 乾燥機로서는 Drum Dryer, Rapid Dryer, Impact Dryer 등이 사용되고 있다. 그러나 현재는 粉碎裝置인 Ball Mill, Roller Mill 自體가 乾燥機能을 동시에 갖추고 있어 粉碎와 동시에 乾燥를 하고 있다.

(3) 原料粉碎工程

乾燥된 각종 原料는 連續計量機에 의해 적합한 比率로 配合하고 粉碎機에 의하여 微粉碎한다. 粉碎機로서는 乾燥와 粉碎를 겸한 Ball Mill Roller Mill 이 주로 사용되고 그밖에 Tube Mill, Compound mill, Air Swept Mill, Ring Mill 등도 사용된다. 粉碎는 대개 1次粉碎와 2次粉碎를 거쳐 微粉碎되지 않은 粗粉은 다시 循環되도록 하고 있다.

2) 燒成工程

燒成工程은 原料가 高溫에 의하여 복잡한 化學變化를 일으켜 水硬性物質로 형성되는 시멘트 製造工程中 가장 중요한 工程이라고 할 수 있다. 이 工程은 原料投入狀態 즉 粉碎原料가 乾式이나 濕式이나에 따라 乾式燒成法과 濕式燒成法으로 구분된다. 乾式燒成法은 乾式으로 微粉碎된 原料를 乾燥된 상태에서 燒成하는 方法으로 이는 熱效率이 좋고 비교적 짧은 길이의 키른을 사용하여도 生産能力을 크게 향상시킬 수 있는 長點을 가지고 있는 반면 濕式에 비해 粉塵이 많이 발생하여 公害問題를 일으키는 短點이 있다. 濕式燒成法은 原料를 Slurry 상태에서 燒成하는 方法으로서 비교적 키른이 길고 熱效率과 生産能力이 떨어지지만 原料混合物에 물이 混入되어 있기 때문에 粉塵發生이 적다는 利點이 있다.

燒成工程의 主設備는 燒成爐인 키른이다. 시멘트의 燒成은 初期(1824년)에는 固定直立型의 Shaft Kiln 이었으나 지금은 거의 사용되지 않고 模型圓筒의 Rotary Kiln이 사용되고 있으며 이는 品質面에서나 生産能力面에서 뒤떨어진 立型키른을 누르고 전성시대를 이루어 왔다. 로타리키른은 原料投入을 上端에서 하고 下端에서 燃料를 送入 소성하며 소성된 크링카는 下端에서 나와 冷却機에 의해 급냉된다. 한편 크링카의 熱은 燃燒用 空氣의 豫熱에 사용하기 위해 회수된다. 로타리키른 사용은 燒成容量의 증대와 燃料 및 勞務費節約에 크게 寄與하고 있다. 키른에 投入된 原料가 크링카가 되기까지의 복잡한 化學反應을 살펴보면 아래와 같다.

100 ~ 110℃ : 原料中 附着된 自由水分 蒸發

450 ~ 600℃ ; 粘土礦物의 脫水反應

750 ~ 900℃ ; 石灰石의 脫炭酸 開始

$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2 \uparrow$

CA, C₂F 生成

900~1,000℃ ; 칼슘과 실리카가 반응하여 칼슘실리케이트 生成 : C₂AS, CS, C₂S 등

1,000~1,100℃ : C₂AS의 分解, 發達 CS → C₂S

1,100~1,250℃ : C₂A₇의 分解, C₃A, C₄AF의 生成

1,200~1,300℃ ; Alite(C₃S) 生成

1,450℃ : Al₂O₃, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O 등은 液相으로 들어가고 固相으로는 C₃S, C₂S, CaO가 存在한다. 유리석회(Free CaO)의 消滅

시멘트 키른을 형식에 따라 分類하면 乾式과 濕式으로 大別할 수 있다.

• 乾式(Dry Process): 餘熱보일러附 키른

Lepol 키른 (Lellep社 + Polysius社)

SP 키른 (Suspension Preheater)

NSP 키른 (New Suspension Preheater)

• 濕式(Wet Process): 濾過器-餘熱보일러附키른

Long 키른

3) 製品化 工程

(1) 크링카 粉碎(시멘트 粉碎)

粉碎工程은 키른에서 燒成된 크링카에 3~4% 정도 석고를 加하여 微粉碎하는 것으로서 이때 石膏는 凝結時間을 조절한다. 최근 石膏 添加量이 증가하고 있는 경향이 있는데 이는 強度增進 및 硬化時의 收縮에 현저한 효과가 있기 때문이다.

밀의 型式도 原料밀과 같이 短期 閉回路粉碎方式이 많이 보급되고 있으며 현재는 종전의 Tube Mill에서 電力費가 적게드는 Roller Mill, Loesche Mill 등으로 바뀌고 있으며 시멘트 밀

에 사용하고 있는 Ball 도 종전의 Steel Ball에 비해 약 1.5 배의 硬度와 耐磨耗性이 좋은 鑄造 Ball, High Chrome Ball 로 代替되고 있다.

일반적으로 粉末度는 比表面積(Blaine, cm²/g)과 88 μ, 44 μ 殘分%로 관리하고 있다. 또한 시멘트는 粉碎媒體인 鋼球의 衝擊, 摩擦熱에 의하여 온도가 상승하게 되는 바 一定溫度 이상이 되면 石膏의 脫水反應을 유발하여 凝結遲延作用이 일부 喪失케 되는데 이는 시멘트의 偽凝結의 원인이 되기도 한다. 따라서 Mill의 外壁이나 內部에 Water Spray 하여 溫度를 조절한다.

(2) 包裝·出荷

각 工程을 거쳐 生産된 시멘트는 시멘트사이로에 貯藏하여 紙袋에 포장된 包裝시멘트, 또는 無包裝시멘트(Bulk Cement)로 出荷하게 된다. 包裝製品은 內需用은 3~4 겹지를 사용하고 輸出用은 P·P Bag, 또는 5~6 겹지를 사용한다. 벌크 시멘트는 대부분의 包裝工場과 레미콘工場에 출하하고 있는데 시멘트 品質의 保持, 輸送費, 操作費 절감, 流通速度의 향상 등 여러가지 利點이 있다.

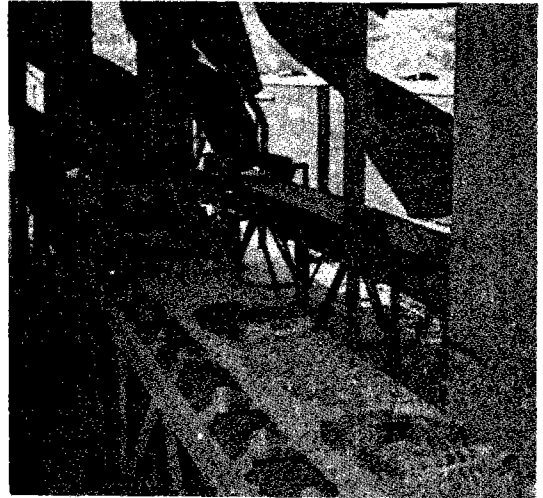
6. 시멘트 品質

일반적으로 시멘트 品質이 좋고 나쁨을 한마디로 표현하기는 지극히 어려운 일이다. 시멘트 品質은 사용 목적에 따라 適合한 性質을 가지고 있는 것이 좋은 것으로 모든 用途에 만능시멘트는 없다고 볼 수 있기 때문이다.

세계 각국의 시멘트 規格은 1878년 獨逸(DIN)에서 처음 制定한 이래 1904년 英國(BS), 1926년 日本(JIS) 및 프랑스(NF)와 美國(AS TM) 등이 있으며 韓國工業規格(KS)은 1962년 制定되었다. KS 포틀랜드 시멘트 規格은 1983년 6월 세계적인 規格인 美國規格(AS TM)과 동일한 水準으로 조정되었다. 現在 KS 規格은 포틀랜드 시멘트 1, 2, 3種과 混合 시멘트인 高爐 시멘트 및 실리카 시멘트에 대한 製品規格과 同시멘트에 대한 각종 試驗方法에 대한 規格을 內容으로 하고 있다.

우리나라 시멘트 製品(포틀랜드 시멘트 1種)

의 品質水準을 外國과 비교하여 보면 化學成分中 不純物인 알칼리와 MgO 含量이 다소 높은 편이며 物理性能에 있어서는 壓縮強度의 初期強度는 外國보다 높으나 後期強度는 비교적 낮은 편이다. 綜合적으로 검토, 비교하여 볼 때 우리나라 시멘트 品質水準은 세계 最高水準보다 낮으나 그 차이가 큰것은 아니다.



7. 流通構造

流通이란 生産과 消費를 연결하는 商的, 物的 移動過程으로서 시멘트의 경우 他 製品과는 相異하게 流通構造에 있어서 많은 특성과 問題點을 가지고 있다.

시멘트 流通特性은 製品 自體가 重量品이고 생산지와 消費地가 地域的으로 編在되어 있으며 또한 需要패턴이 季節的으로 盛需期와 비수기로 뚜렷하게 구분되어 있는데서 찾아볼 수 있다.

따라서 시멘트 流通上 難題는 物的流通 즉 輸送, 보관, 荷役 등에서 提起되고 있다.

시멘트 輸送은 鐵道, 陸送, 海送에 의해 행하여지고 있으며 시멘트 流通의 補助役割과 편의를 위해 消費地 中繼基地로서 粉碎工場과 포장 공장 및 荷置場, 벌크 Silo 등이 地域別로 설치돼 있다. 이러한 流通模型을 가진 시멘트 販賣의 流通經路는 생산회사에서 生産者와 消費者 사이에 都賣商(委託販賣業) 성격을 가진 特約店을 거쳐 實需要 順序로 連結된다.

시멘트 特約店은 生産者와 契約物量의 範圍內에서 物品을 出庫依賴書(傳票)라는 有價證券을 買入한 후 傳票를 實需要者와 현금으로 交換하는 方法으로 販賣하고 있다.

다음에 實需要者는 이 傳票를 가지고 시멘트 保管所(驛頭 또는 荷置場) 또는 本工場, 分工場의 어느 곳에 가서 現物과 交換한다. 다만 이때 荷役操作費와 消費地까지 運賃은 自己負擔으로 되어 있다.

이처럼 시멘트 販賣의 특징은 內需의 경우 官需를 제외하고는 商去來「시스템」이 現物引渡去來行爲가 아닌 傳票販賣에 있다. 이 같은 특징은 시멘트가 重量品에 物動量이 크데다 操作日數 증가에 따라 費用이 隨伴되고 破袋가 발생하는 등의 문제로 實物去來가 어렵다는데 基因된다.

시멘트 輸送에는 工場間 移送과 消費地에 대한 出荷 및 實需要者가 직접 消費地까지 輸送하는 3가지 형태가 있다. 移送에는 本工場으로부터 分工場으로의 크링카 輸送과 벌크輸送이 있으며 包裝시멘트 出荷는 각 工場으로부터 鐵道를 이용하여 驛頭·荷置場으로 輸送하고 각사가 管理하는 荷置場의 경우는 거의 陸送에 의존하고 있는데 이때의 輸送費는 生産會社 負擔이다. 實需要者가 각 工場 또는 荷置場으로부터 消費地까지 輸送하는 데는 實需要者 運賃負擔에 의

한 陸送手段이 활용되고 있다.

한편 벌크시멘트 出庫는 각 工場 또는 벌크貯藏所에서 消費地까지 生産會社 所有의 벌크트럭에 의해 輸送되고 있으며 이때 運賃은 販賣價格에 포함되어 있다.

지난 62년 시작된 經濟開發 5個年計劃의 成功的인 遂行으로 國民經濟規模의 擴大와 産業構造의 高度化가 실현됨으로써 生産比重이 점차 上昇, 生産量의 急激한 증가를 보여왔다. 그러나 이 같이 급증하고 있는 輸送物量에 비해 輸送手段의 增加幅은 이에 훨씬 못미치고 있어 尙尙 輸送問題가 提起되어온 반면 輸送手段의 의존도에 變遷이 불가피 到來되고 있는 실정이다.

시멘트 輸送實績을 살펴보면 需要規模가 작았던 70년대 이전에는 大量輸送이 가능하고 輸送費面에서 有利한 鐵道輸送 비중이 매우 높았으나 (67년: 87.6%), 需要規模가 1천만톤 水準을 超過한 70년대 이후부터는 鐵道の 의존도가 점차 낮아진 (84년: 40%) 반면 陸送(84년: 24%)과 海送에 대한 의존도는 점차 높아지고 있다.

특히 臨海地域의 分工場에 대한 移送物量의 증가는 海送手段의 構成比를 急増시키고 있다. (84년: 36%)

한편 시멘트는 重量貨物로서 生産工場이 原料産地의 偏在로 말미암아 江原·三陟地區와 堤川

KS 規格과의 品質比較

項目		區分	KS	試驗結果值 ¹⁾	
化學成分	酸 化 마 그 네 숨 (MgO) (%)		6.0 이하	3.0	
	3 酸 化 黃 (SO ₃) (%)		3.5 이하	2.4	
	強 熱 減 量 (%)		3.0 이하	1.2	
物 理 性	粉 末 度	比表面積 Blaine (cm ² /g)	2,800 이상	3,230	
	安 定 度	오오토클레이브팽창도(%)	0.8 이하	0.12	
能	凝 結 時 間	길모어시험	初 結 (分)	60 이상	251
			終 結 (時間)	10 이하	6:09
	壓 縮 強 度	비이커시험	初 結 (分)	45 이상	209
			終 結 (時間)	8 이하	5:10
能	壓 縮 強 度	3 日	127 이상	184	
		7 日	197 이상	251	
		28 日	281 이상	334	

註 1) '84年度 下半期 協會 共同試驗值

·丹陽地區에 집중하고 있는데 대하여 消費地는 全國에 散在되어 있을 뿐만 아니라 消費의 季節性이 심해 輸送費 均衡과 平準化를 기하는데 어려움이 뒤따르고 있으며 특히 시멘트는 無煙炭과는 產地가 거의 같아 輸送競合이 불가피하여 더욱 輸送隘路를 加重시키고 있다.

이같은 시멘트産業 및 製品上 特性은 시멘트 輸送에 막대한 費用의 所要를 強要할 뿐만 아니라 需給安定을 위한 效率의 輸送體制 확립에 있어서도 많은 難題를 안겨주고 있다. 따라서 시멘트 輸送問題는 먼저 政府當局의 鐵道, 道路, 港灣 등 社會間接施設의 확충과 함께 業界側의 流通費用의 절감을 위한 最適 輸送體制 확립 등 다각적인 方面에서 共同으로 풀어나가야 할 것이다.

또 시멘트 生産은 年中 일정한데 비해 需要는 季節性을 띄어 盛需期과 非需期間에 需要增減幅이 크다는 것은 앞서 지적한 바와 같다. 따라서 盛需期에 대비, 非需期에 地域別 합리적인 備蓄 輸送으로 需給安定을 기함은 물론 需給 不均衡에 의한 파동을 事前에 防止해야 한다는 것도 중요한 課題이다. 현재 消費地備蓄中繼基地는 粉碎工場, 포장공장, Silo, 荷置場과 같은 類型으로 설치되고 있는 바 이들의 機能은 製品의 貯藏管理能力外에 生産者와 消費者와의 輸送距離를 단축시킴으로써 언제든지 需要에 對應할 수 있는 施設이라는데 있다.

84년 現在 각사가 保有하고 있는 流通中繼基地는 粉碎工場 8個所, 包裝工場 18個所 그리고 大小 벌크시멘트의 Silo가 全國에 걸쳐 분포되어 있으며 이들을 통하여 出荷된 物量은 全體 物量의 約 45%에 해당되고 있다.

1986년 3월까지 段階적으로 完工될 富谷의 大單位 流通基地에는 모두 14基의 벌크 Silo가 설치됨으로써 年間 약 280만톤의 시멘트 貯藏이 가능할 것으로 期待된다. 한편 現在 각사에서 推進하고 있는 消費地 시멘트 備蓄施設 內容을 보면 東洋시멘트가 光陽에 1個所, 雙龍洋灰(株)가 淸州, 仁川, 光陽, 서울(城北) 등 4곳, 現代시멘트(株)가 大田 등 2個所, 亞細亞시멘트(株)가 新炭진에 1個所씩 모두 8個地域에 小規模의 벌크 Silo를 건설하고 있거나 着工할 계

획에 있다.

대부분 시멘트 流通基地는 需要性向에 따라 大都市에 偏在設置되는 경향이 있기 때문에 地域別 시멘트 需給安定에 효과적으로 대처하기 어렵다는 우려성도 있다. 특히 西海岸 地域이나 內陸地方에는 이러한 流通基地의 未設置로 盛需期의 경우 시멘트 부족이 深化돼 大都市에서 逆 輸送한 事例마저 있다. 따라서 流通基地設置는 最適輸送體制를 勘案한 設置地域의 設定도 중요하지만 이보다는 輸送脆弱地域에 重點적으로 設置함으로써 名實共히 消費地中繼基地로서의 機能이 충분히 發揮되어야 될 것이다.

시멘트 流通의 圓滑과 體制改善이라는 觀點에서 크게 浮刻되고 力點을 두어야 할 것은 바로 벌크化率 提高이다. 시멘트벌크化 促進에는 첫째, 輸送效率 增大 둘째, 流通過程의 短縮을 통한 荷役費 節減 셋째, 包裝費用 절감의 利點이 따른다. 현재 우리나라의 벌크消費水準은 約 45%선에 그치고 있는 바 이는 先進國들의 80%水準(日本은 約 90%)에 미치지 못할 때 우리나라 消費패턴은 아직도 落後되어 있다고 하겠다. 벌크 需要의 증대를 위해서는 벌크 또는 레미콘 사용을 制度化하는 政策的 뒷받침과 함께 消費者들의 벌크사용에 대한 認識을 昂揚시키는 것이 重要하다고 본다.

8. 使用上 注意와 使用法

오늘날 시멘트 品質은 製造設備과 生産技術의 발달로 인하여 대단히 優秀한 것으로 判明되고 있다. 그러나 시멘트 自體의 品質이 아무리 우수하다 할지라도 實際로 콘크리트 施工時 시멘트와 混合할 자갈, 모래, 물의 性質과 混合比를 비롯해서 施工方法, 施工後 處理 등을 잘못하였을 경우 構造物의 質을 크게 低下시키는 原因이 된다. 따라서 시멘트는 品質보다 施工方法이 훨씬 더 중요하다고 볼 수도 있다.

시멘트가 가지고 있는 최대의 缺點은 시멘트가 空氣와 接觸할 경우 空氣中の 水蒸氣나 炭酸가스에 作用함으로써 風和 또는 劣化現象을 발생하는데 있다. 이같은 시멘트 風化現象은 곧 시멘트 品質의 低下를 가져오는 것으로서 이는

強熱減量の增加, 比重, 粉末度の減少, 強度低下 등을 招來하게 된다. 따라서 시멘트는 可能한 한 長期貯藏을 避하여야 할 것이며 長期貯藏이 不可避할 때는 空氣의 流通을 적게 하거나 遮斷시켜야 한다.

시멘트 性質과 關聯하여 施工上 留意할 事項과 使用方法을 살펴보면 다음과 같다.

① 시멘트의 凝結, 硬化現象은 化學反應의 하나이므로 溫度의 影響을 받게 된다.

일반적으로 外氣溫度가 20℃ 前後 基準하여 시멘트 硬化가 進行하는 硬化力은 3일 후는 20%, 7일 후에는 40%, 28일 후에는 80%로 각각 빠르게 進行된다. 그후부터는 더욱 늘어서 3個月은 90%, 1년은 95%, 3년은 거의 100%이다. 그러므로 시멘트가 完全하게 硬化하는 데는 3년이 걸리는 셈이다. 그러나 完全히 硬化하지 않더라도 必要한 荷重에 견딜 수 있게 되면 일단 굳었다고 볼 수 있다.

따라서 外氣溫度가 낮을 경우 凝結硬化 進行速度는 10℃ 경우는 20℃의 반정도로 늦어지고 5℃ 경우는 그 이하로 상당히 늦어져 심한 경우 콘크리트 内部에서 일부 結水現象이 일어나 崩壞事故를 招來할 수도 있다. 반면 外氣溫度가 너무 높을 경우 凝結現象이 급격히 일어나 25~30℃ 程度면 注意를 해야한다.

겨울철 콘크리트 施工時는 사용하는 물, 모래, 자갈 등의 溫度를 높게해서 混練하고 물, 시멘트비를 적게하여 콘크리트의 強度가 될 수 있는

한 빨리 發現되도록 하여야 한다. 단 시멘트를 加熱해서는 안된다.

여름철 콘크리트 施工은 溫度가 높아 시멘트와 물의 反應이 급격히 進行되고 表面에서의 水分의 蒸發도 많아져서 콘크리트 表面에 많은 龜裂을 發生시킨다. 이 때는 콘크리트의 溫度를 낮추기 위해 骨材에 直射光線을 피하고 물을 뿌려 식히며 混練水와 시멘트도 되도록 低溫의 것을 사용해야 한다.

봄, 가을철 濕度가 낮고 밤과 낮의 氣溫의 差가 심하며 바람이 불게 되면 水和熱이 全部 外部로 放熱돼 急冷現象이 일어나 아주 얇은 層의 龜裂이 생기는데 이때는 凝結反應이 일어나고 있는 콘크리트 表面을 덮어주거나 木材형틀을 쓰면 水和熱의 擴散을 다소 防止할 수 있다.

② 시멘트는 물과 化合하여 水和熱을 生成한다. 다시 말해서 시멘트가 硬化, 強度를 進行하기 위해서는 물이 絶對的으로 必要하다.

시멘트가 完全히 水和하기 위해 必要한 水量은 結合水(시멘트와 化學的 結合)가 시멘트 重量의 約 25% 結水(微細粒子表面에 吸着해서 粒子結合)가 約 15%, 合計 40%라고 할 수 있다.

시멘트 硬化에 必要한 물의 量은 硬化力에 거의 比例하기 때문에 시멘트가 完全히 굳기 위해서는 상당히 長時間 多量의 물을 必要로 한다. 따라서 混練할 때 사용한 물이 빠져나가지 못하도록 가마니를 걸쳐서 물의 蒸發을 막는다든가 가마니 위에 撒水하여 必要한 水分이 끊기지 않도록 해야한다.

또한 콘크리트의 強度는 시멘트와 물의 비가 작을수록 커진다. 따라서 이론적으로 좋은 構造物을 만들기 위해서는 될 수 있는 한 물이 적은 콘크리트로 充分히 다지는 것이 原則이다. 그러나 너무 물의 量을 적게 하면 콘크리트의 流動性이 나빠져서 도리어 나쁜 콘크리트가 된다. 보통 물, 시멘트비는 50~60%를 사용하고 있다.

시멘트나 콘크리트를 混練하는 물에도 세심한 주의를 기울여야 한다. 사용하는 물의 性質에 따라 콘크리트의 性質 즉 凝結時間의 遲延, 短縮, 強度低下, 鐵筋의 녹 發生, 體積變化, 龜裂發生, 其他性質에 두드러진 害를 미치는 일이 있기 때문이다.



수도물은 問題없다 해도 다른 물을 사용할 때 는 수도물과 비교해서 물의 適正與否를 判定할 必要가 있다.

海水는 無鐵筋콘크리트의 경우 사용해도 지장 이 없다. 시멘트에 두드러진 惡영향을 주는 것 은 硫酸鹽, 磷酸鹽, 炭酸鹽, 기름, 酸, 硼砂 등 이 있다. 인산비료라든가 이를 含有한 其他 肥料 등도 나쁜 영향을 주므로 肥料의 도장비닐을 사용하는 것은 금물이다.

③ 骨材는 콘크리트 全 容積의 65~80%를 차지하고 있기 때문에 骨材의 種類, 質, 配合比, 貯藏 등이 콘크리트 品質에 큰 영향을 끼친다. 예를 들면 天然骨材를 쓸 경우 粒度가 너무 곱거나 粘土質의 含有關係를 注意하여야 한다. 粘土質이 含有된 모래는 콘크리트의 強度를 低下시킨다. 또한 모래의 粒度가 너무 고우면 表面積이 크게 되고 따라서 反應力이 강하게 되어 모래 自體끼리 서로 엉켜서 물과 시멘트의 反應을 일부 방해해 強度低下의 原因이 된다.

骨材는 河, 陸, 山, 海에서 나오는 모래, 자갈과 人工的으로 만든 碎石, 碎砂, 高爐슬래그 粗骨材, 人工輕骨材 등이 있다. 다만 骨材를 선택할 때는 鹽類의 汚染與否를 檢査, 確認할 必要가 있다. 참고로 좋은 骨材性質을 소개하면 다음과 같다.

- ① 딱딱하고 強할 것.
- ② 먼지, 흙, 有機物을 包含하고 있지 않을 것.
- ③ 氣象作用에 영향을 받지 않을 것.
- ④ 比重이 클 것(輕量骨材는 別途).
- ⑤ 單位容積重量이 클 것.
- ⑥ 닳지 않는 것.
- ⑦ 吸水量이 적은 것.
- ⑧ 粒形이 둥근 것.
- ⑨ 粒度分布가 좋은 것.
- ⑩ 鹽分이 적은 것.

④ 시멘트, 물, 자갈, 모래를 어떤 順序로 投入, 混練하면 좋을까 레미콘工場에서는 콘크리트를 混練하는 경우 거의 4 가지를 同時에 믹서에 넣고 混合하는 것이 보통이다. 일반적으로 집에서 콘크리트 作業을 할 경우 시멘트와 모래를 먼저 乾비빔하고 이어서 加할 물의 3/4 정도를

넣고 잘 混練하여 몰탈을 만든다. 마지막으로 자갈과 나머지 물을 넣어 잘 混練한다.

⑤ 시멘트가 乾燥하기 시작한다는 것은 硬化가 進行하기 시작했다는 것과 같은 意味다. 그러나 硬化에 必要한 물이 蒸發해 버려서 不足하게 되었기 때문에 乾燥하는 경우와는 큰 差異가 있다. 콘크리트의 乾燥를 콘크리트가 굳었다고 생각하는 것은 잘못된 것이다. 乾燥가 빠르면 硬化의 進行을 阻害하고 또 龜裂이 가고 強度低下를 促進한다. 따라서 이때는 逆으로 撒水養生을 해서 強度發現을 꾀해야 한다. 콘크리트는 施工한 후 最少限 7日間을 濕한 狀態로 덮어두거나 자주 물로 적서 주는 것이 強度와 低抗性을 위해 좋다.

⑥ 콘크리트에는 龜裂이 생긴다. 이러한 龜裂은 完全히 없앨 수는 없으나 적게 하는 방법은 있다고 보아 이를 다음과 같이 소개한다.

① 沈降龜裂(沈下를 妨害하는 物質이 있을 경우 發生); 發生 후 적당한 時期에 Tapping, 흠손질 한다.

② 初期乾燥收縮龜裂(콘크리트 表面引張應力이 콘크리트 引張보다 큰 경우 發生); 흠손 마무리 후 충분한 養生을 한다.

③ 乾燥收縮에 의한 龜裂(콘크리트 중 물이 蒸發하여 콘크리트 體積이 減少하는 경우 發生); 콘크리트 중의 물과 시멘트를 가 능한 한 적게 하거나 膨脹性 混和劑를 사용한다.

⑦ 콘크리트 白華現象은 시멘트水和反應이 늦어지는 冬期工事に 많이 발생한다. 이를 근본적으로 해결하는 방법은 없으나 충분히 다지고 脫型時期를 가능한 한 늦추거나 충분히 硬化될 때까지 물과 접하지 않도록 함으로써 어느정도 防止할 수 있다.

좋은 콘크리트를 만들기 위한 條件을 소개하면 다음과 같다.

- ① 가능한 한 물이 적은 콘크리트를(슬럼프가 작은 콘크리트) 사용할 것.
- ② 충분한 다짐을 해서 打設이음새 등에 콘크리트의 弱點을 만들지 말 것.
- ③ 打設한 후 撒水 등으로 충분한 養生을 행할 것. ♣