

韓國高爐시멘트(株)의 建設現況과 slag cement

申 鉉 澤

(韓國高爐시멘트製造(株) 品質管理室長)

I. 建設概況

1. 會社概要

가. 沿革

- '76. 2. 18 資本金으로 授權資本 3億 원과 拂入資金 3億 원으로 會社設立.
- '76. 2. 28 浦項工業 基地內에 浦項綜合製鐵(株)와 第一聯關團地에 2,109 5坪 分讓契約 締結.
- '76. 3. 19 浦鐵(株)와 第2 高爐 Slag供給契約 締結.
- '76. 6. 10 槐東驛構內 請願側線 敷設承認 (釜山地方 鐵道廳)
- '76. 10. 16 請願側線 竣工(總延長2183m)
- '76. 12. 12 浦項工業基地 第一聯關團地 內에 入住工場 建設承認(建設部)
- '77. 4. 10. slag cement工場 建設着工
- '77. 7. 5 A. D. B. 借款 承認(\$ 1000,000)
- '77. 10. 28 外資機資材(cement mill, aero fall mill)의 購買契約締結(日本大塚鐵工(株))
- '77. 12. 6 浦項製鐵(株)로 부터 擴張事業計劃 承認 및 slag供給保障
- '78. 4. 4 慶北通廳으로부터 硅酸質 肥料 生産業 許可對象으로 決定
- '78. 9. 30 硅酸質 肥料 生産工場 設置完了 慶北道廳에 申告.

나. 事業計劃 概要

本事業은 增大되는 國內外 시멘트 市場需要를 充足하고 廢資源 活用 및 에너지 節約에 寄與코져 國內 最初로 年産 150萬屯 規模의 슬래그 시멘트 工場建設計劃에서 1次로 78年 2月 年産 5萬屯 規模의 coninal mill工場完工, 78年 9月 年産 50萬屯 規模의 slag cement 工場을 完工 生産操業中이다. 年産 100萬屯 規模의 cement mill 2호, 3호 基増設은 79年 5月傾에 竣工豫定으로 建設中이다.

그外에 當工場에서는 年産 30萬屯規模의 aerofall mill 粉碎施設을 完工하여 硅酸質肥料의 生産이 可能하며 79년부터 供給할 豫定이다.

本事業 品種인 슬래그 시멘트는 一般 土木建築工事は 勿論, 水和熱이 낮은 메스 콘크리트 工事, 耐熱性を 要하는 築爐工事, 水密性を 要하는 接水工事 等に 特히 有用하다.

○ 本事業의 主要特徵은

첫째, 製鐵工場의 副産物인 슬래그를 活用하므로서 國內賦存資源인 石灰石 및 粘土를 節約할 수 있을뿐만 아니라 廢葉物로 因한 公害防止를 期하고

둘째, 포틀랜드 시멘트 크링카에 多量의 슬래그를 混合使用하여 시멘트를 製造하므로서 油類의 節約으로 에너지節約이 可能하고

셋째, 國內最初로 슬래그 시멘트를 開發하므로서 多樣化되는 特性을 살려 特殊用途에 맞는 시멘트를 供給, 使用할 수 있다.

넷째 國內시멘트工場은 大部分 江原 및 忠北 地方에 偏在되어 있으므로 國內 需給上 輸送問題點이 惹起되어 있는 實情이나 本工場은 慶北 浦項에 位置하고 있으므로 消費地 供給에 圓滑한 이바지가 可能하고,

다섯째 政府의 機械類 國産化施策에 積極 呼應하여 主要施設의 國産化를 極代化하므로서 國內機械工業에 寄與하는 點策이다.

시멘트工業은 社會間接部分의 造成事業, 國內産業 및 住宅事業이 계속 伸張추세에 있으므로 國內供給은 勿論 輸出增大에 寄與하는바 至大할 것이다.

3. 事業效果

첫째 本製品은 各種特性이 있어 用途가 多樣하며 特히 中東 및 海外建設工事に 適合하며 工場完工後 slag cement의 輸出로 外貨獲得이 可能하며 國際收支 改善에 크게 기여할 수 있다.

둘째 製鐵工場의 慶資源인 slag를 活用하여 有用한 cement를 生産하므로서 資源節約을 通하여 國家産業發展에 寄與한다.

셋째 輸出 目標達成을 위한 港灣, 道路, 電力 및 工業團地 等 社會間接部門에 對한 莫大한 投資가 可能하고 本工場의 位卓은 消費地와 直結되어 地域의 旺盛한 需要를 充足시켜 輸出計劃 및 國家經濟의 高度成長에 기여할 것이다.

넷째 工場使用 機資材의 國産化로 國內機械工業 育成에 이바지 한다.

다. 工場建設 現況

1) slag cement 工場

가) 製造工程

受入slag를 rapid dryer에서 乾燥시킨후 weighing meter로 自動坪量한다. 시간당 65톤의 粉碎能力인 cement mill로 slag clinker 및 gyp를 混合粉碎하거나 分離粉碎하여 混合된 시멘트를 silo에 貯藏한후 定量으로 包裝하여 出荷한다.

當社 slag cement工場의 特徵은 rapid dryer를 利用한 乾燥工程 粉碎工程 및 包裝工程으로 工事期間이 短期이고 slag clinker 및 石膏를

同時에 混合 粉碎하는 混合 粉碎方式과 原料를 各各 粉碎하고 特殊用途에 맞는 slag cement를 生産할 수 있는 分離粉碎方式이 可能하며 多様な 用途에 맞는 여러種類의 slag cement를 計劃적으로 消費者가 選擇使用할 수 있다.

나. 主要機械設備

길이 100m 幅 25m의 clinker slag 및 石膏의 原料置場과 concrete hopper에 overhead crane으로 原料를 넣을 수 있는 施設과 50t/hr 乾燥能力의 rapid dryer에 依한 slag의 乾燥工程에 따른 機械設備가 있고,

粉碎工程에는 65t/h 粉碎能力 cement mill一基가 있고 bucket elevator, air separator, bag filter weighing meter, Air slide 등의 機械設備, 包裝工程에는 5,000톤 silo, 基, bucket elevator, bag filter, vibrating screen pug mill, wire mesh conveyor, packer 등이 있다.

다) 建設現況

年産 150萬톤 規模의 施設中 50萬톤 規模의 施設은 完備되었고 增設되는 100萬톤의 施設은 原料置場 包裝室建物は 完工되었고 追加施設은 cement mill 2基增設 silo 2基增設, packer 鐵道引込線, 乾燥機等을 '79年 5月까지 完工되도록 進行中에 있다.

試驗室에는 品質이 優秀한 製品을 만들어 消費者에게 供給할 수 있도록 晝夜로 研究에 精進하고 있다.

試驗室에는 試料準備室, 分析室 物理試驗室이 있고 slag cement의 特性試驗을 할 수 있는 偏光顯微鏡이 있고 KS試驗方法에 따른 物理試驗과 化學分析할 수 있는 機器 및 試藥이 完備되어 있다.

機械製作 및 保存을 위한 修理工場이 있고 工場施設이 工場內에 있다.

시멘트工場은 裝置工業으로 設備의 最大能力을 발휘하도록 운영할 수 있으며 各種 必要施設이 完備되어 있다.

地下水의 開發로 300t/日의 工場冷却水의 使用이 可能하며 電力事情은 浦項 154Kv 變電所에서 22.9Kv, 1萬Kw가 수전되며 公단내에 설

치되어 있는 변전소 및 고압선 통과로 수 전이 용이하다.

에서 22.9KV 1萬KW가 수전되며 공단내에 설치되어 있는 변전소 및 고압선 통과로 수전이 용이하다.

2) 硅酸質肥料工場

가) 製造工程

原料인 slg를 aopper에 넣으면 apron feeder에 의해 airofall mill에 들어가서 粉碎되고 burner에 의해에 依해 乾燥가 同時에 이루어진다. 排氣gas는 classifier, cyclone을 통해 bag filter를 거쳐 나가고 airofall mill, classifier나, cyclone 및 bag filter의 微粒粉은 packer 쪽으로 利用되고 포장되어 出荷하게 된다.

나) 主要機械設備

40T/H 粉碎能力 airofall mill에서 年産 30萬 噸 規模가 되고 apron feeder, belt conveyer classifier, cyclone, I. D. fan, vibrating screen, bag filter, bucket elevator, packer 등의 主要機械設備가 있고 이에 附帶倉庫가 있다.

다) 建設現況

年産 30萬 噸 生産能力의 建物 및 倉庫施設이 完備되어 있고 airofall mill은 日本大塚鐵工(株)에서 導入하였고 기타 施設은 모두 國內技術陣에 依해 製作設置되어 79년부터 農水産部 納品을 통한 農家の 水溜用에 供給이 可能할 것으로 展望된다.

원료 및 제품분석시험을 할 수 있는 시험실의 모든 기기 및 약품이 구비되어 있어 우수한 제품의 품질관리를 수행한다.

II. 슬래그 시멘트

1. 定義

슬래그 시멘트는 포틀랜드 시멘트 클링카에 제철공장의 熔鑪에서 副産되는 急冷高爐 슬래그 및 適量의 石膏를 原料로 混合粉碎方式 또는 分離粉碎方式에 依해 만든 特殊시멘트이다.

slag의 混入量에 따라 여러가지 種類의 slag

cement가 製造되고 用途 역시 多様하게 됩니다.

2. 來 歷

슬래그를 cement에 利用한 역사는 아주 길다. cement用으로서 살펴보면

1761(獨) slag와 石灰로 mortar 製造

1822(獨) slag cement 製造

1873(獨) portland cement에 使用

1879(英) ass concrete에 使用 1880(美國)

1892(獨) 鐵 portland cement에 使用

1906(美) slag concrete 製造

1910(日) 高爐 cement 製造

1955(日) 硅酸質肥料의 規格

1977(韓) slag cement 生産(韓國高爐시멘트 製造株式會社)

3. 現 況

世界各國의 slag cement 工場의 數는 1961年 117個이었으나 1965年 179個로 增加 되었으며 現在는 그 以上으로 增加一路로 있습니다.

slag cement에 對해 規格化되어 있는 國家는 韓國을 爲始하여 1978年 現在 24個國으로 알려져 있고 韓國에는 KS L 5210, 日本은 IS R 5211, 美國에는 ASTM C 595, 獨逸은 DIN 11 64, 英國은 BS 4246 등이며 1966年 slag cement는 全시멘트 生産量의 比率은 蘇聯35% 獨逸 28%, 벨지움 25%, 이태리 16%, 프랑스 14%, 日本 6% 이상이며 프랑스 및 蘇聯 등에서는 포틀랜드 시멘트에 15%의 slag를 添加토록 國家에서 허락하고 있는 실정입니다.

4. 製造方法

製造方法에는 分離粉碎方式과 混合粉碎方式이 있고 製造工程圖은 다음과 같다.

가. 分離粉碎方式

slag를 kapid dryer에서 乾燥시킨 후 silo에 貯藏하고 石膏 및 포틀랜드 시멘트 클링카를 坪量하여 cement mill에서 所定의 粒度까지 粉碎하여 貯藏하고 一定한 比率로 混合하여 packer

에서 包裝 출하한다.

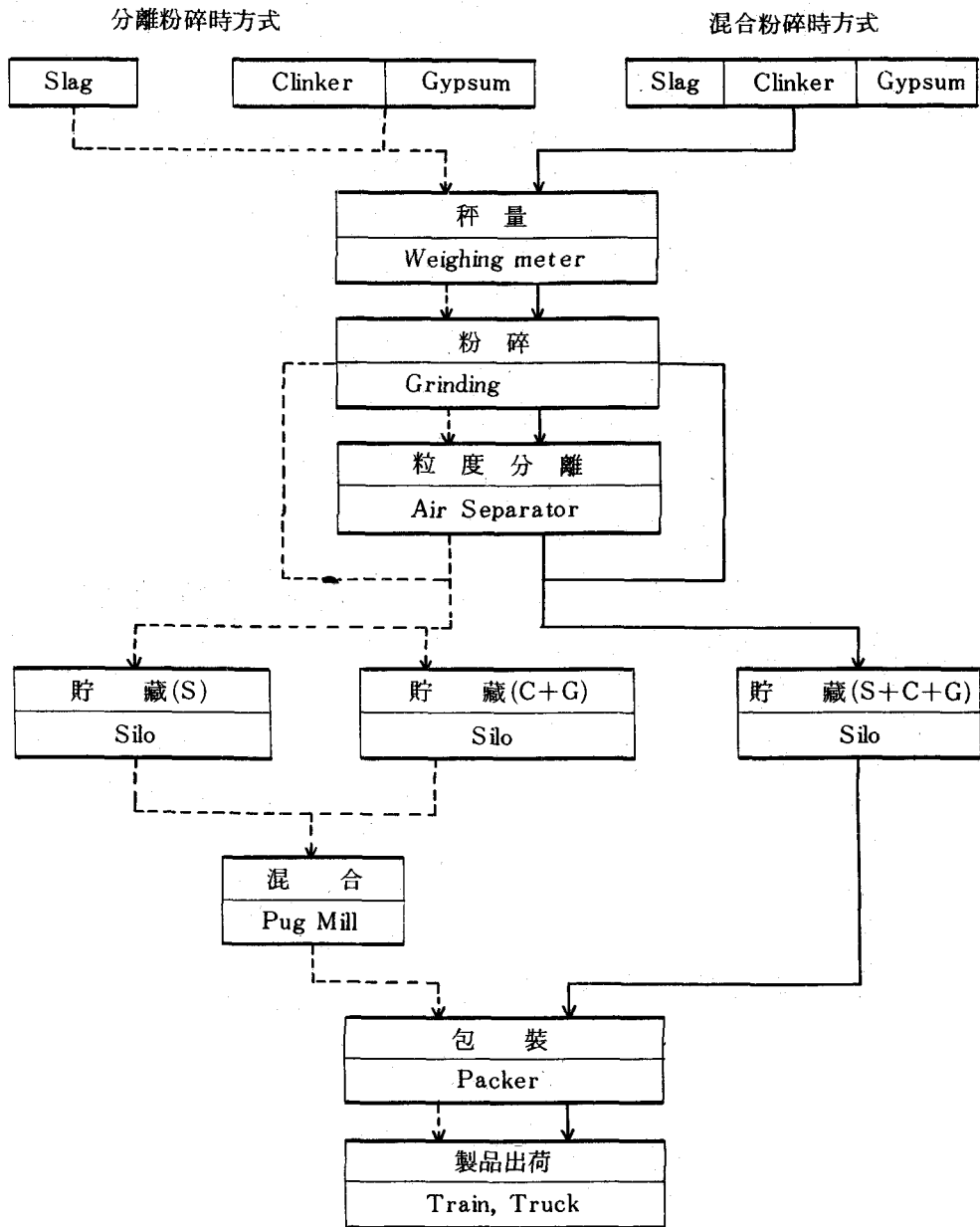
나. 混合粉碎方式

slag, 포틀랜드 시멘트 클링카 및 石膏를 weighing meter에서 秤量한후 cement mill에

서 粉碎 air separator에서 離度分離하여 silo에 貯藏하고 包裝한후 製品을 出荷한다.

slag cement 생산 방식과 공정도는 다음과 같다.

5. 슬래그 시멘트 生産方式 및 工程圖



6. 原 料

가. slag

slag는 blast furnace slag의 略字로 사용하며 air cooled blast furnace slag, expanded blast furnace slag, granulated blast furnace slag로 나누어지고 시멘트용은 granulated blast furnace slag가 쓰인다.

나. slag의 生成

鐵을 製造하는 過程에 따라 여러가지 性質의 相異한 高爐슬래그, 轉爐슬래그, 平電爐슬래그가 同時에 生成된다.

爐內에 裝入된 原料를 熔解하여 化學 反應을 일으키는 最終的인 熔融鐵과 熔融 slag의 二相이 되고 slag는 鐵보다 가볍기 때문에 熔融鐵과 混合되지 않고 上部에 浮上한다. 이렇게 slag가 生成된다.

다. 高爐슬래그

高爐는 外側에 두꺼운 鋼板으로 構築 되었고 內側은 耐火벽돌로 內張된 爐이며 爐頂에서 鐵鑛石, 코크스 石灰石 등의 原料를 裝入하여 下部의 入口에서 熱風을 넣어 코크스를 燃燒시키고 發出된 CO gas에 依해 鐵鑛石을 加熱, 還元, 용해한다. 生成된 용융상의 slag도 찌꺼기로 모이며 철보다 비중이 가벼워 선철의 윗층에 뜨게 되고 선철과 slag는 일정시간 출선구에서 爐外로 引출되고 비중차에 의하여 分離된다.

고로에 사용되는 원료는 크게 主原料와 副原料로 나눈다.

主原料는 철광석 및 철광석을 조성한 소성광(소결광)등이 있고 副原料로서 還元材 및 熱原으로 작용하는 코크스와 flux (slag形成材)로서 石灰石 및 dolomite가 있다.

고로에 사용되는 철강원료의 化學조성(%)

鐵鋼原料	T-Fe	Fe ₀ SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Mn	P	S	TiO ₂
鐵鑛石	64.58	1.37	3.36	1.61	0.19	0.14	0.17	0.055	0.027
燒結鐵	56.06	6.94	5.81	2.08	9.87	1.34	0.39	0.056	0.012

라. 高爐슬래그의 生成

高爐의 역할은 鐵鑛石에서 鐵銑을 제조하는데 쓰이며 철광석은 그 대부분이 鐵과 酸素가 結合

하여 산화물의 형태로 산출된다. 따라서 高爐內에서 그 反應은 鐵과 산소와의 結合을 푸는 환원작용이 기본이 되고 還元材로서 코크스 등이 사용된다. 鐵鑛石中的 不要成分이나 코크스 中の 灰분등은 주로 SiO₂, Al₂O₃이고 flux (生石灰 CaO, magnesia MgO) 등과 反應하여 slag를 生成하며 網鐵과 分離된다. 銑鐵 1 ton當 slag는 약 300kg의 高爐 slag가 生成된다

高爐 slag의 組成例 (單位: %)

SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	S	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅
30~41	35~45	12~20	0.3~1.7	3~7	0.6~1.6	0.3~1.7	0.2~2.2	0.004~0.051

高爐內에서의 還元反應

爐內에서 基本反應은 다음과 같다.

- ① 炭素C에 의한 直接還元
- ② CO gas에 의한 間接還元
- ③ 水素 gas에 의한 水素還元

이 反應의 종류에 따라 高爐爐頂部부터 예열대, 환원대, 정련대로 나눈다.

爐頂에서 투입된 원료는 爐內를 순차로 하강하여 각각 反應을 받고 용융상태가 되어 slag가 生成되는 곳은 精鍊帶이다.

slag의 反應性을 表示하는 하나의 指標로서 塩基度가 있다. 이것은 生成되는 slag가 산성인가 염기성인가를 나타낸다.

통상 slag 中の CaO량과 SiO₂의 重量比(또는 mol比)로서 (CaO) · (SiO₂)로 表示하는데 (CaO+MgO)/(SiO₂+Al₂O₃)에 의해 표시된다. 이것은 slag 中の MgO, Al₂O₃의 량이 slag의 流動性을 크게 영향을 주기 때문이다.

○ 各種 slag의 塩基度

slag의 종류	염기도	CaO SiO ₂
高爐 slag		1.0~1.0
轉爐 slag		2.5~5.0
전기爐 slag	산화기	2.0~3.5
	환원기	2.5~5.0
平爐 slag		2.5~5.0

마. 轉爐 slag

高爐에서 제조된 선철은 C의 함유량이 높고, 기타 Si, P 및 S 등의 불용성분을 함유하기 때문에 硬固하다. 선철중의 不要성분을 산화시켜 제거 인성, 가공성 있는 銅으로 하는 製鋼工程이 있고 제강로에는 轉爐·電氣爐 및 平爐가 있다.

轉爐는 傾動장치가 의지되고 爐體를 自由로 傾斜시킬 수 있는 爐이다. 爐體는 오목형이며, 간단한 구조를 가진다. 강한 제 외각의 내측은 염기성 내화벽돌로 내장되어 있다. 원료의 장입 및 slag의 排出는 爐頂의 開口部에서 용강의 배출은 측면의 출강구에서 행해진다.

전로에 사용되는 원료를 大別하며 주원료 부원료 合金鐵의 3가지로 분류한다.

주원료로서 철원은 용융선철(용철)이며 부원료는 CaO, CaCO₃, CaCO₃·MgCO₃이다. 이것은 투입원료중의 不要成分을 조촉하여 용강되어 分離된다.

일부 鐵자신도 산화되어 산화철이 되어 slag에 유동성을 준다.

생성되는 slag의 조성 및 發生量은 투입원료, 銅質, 操業方法 등에 따라 다르다.

○轉爐 slag의 組成 (단위: %)

SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	S	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅
9~20	37~59	0.1~2.5	5~20	0.6~8.0	0.06~0.25	1.3~10.0	0.4~0.9	1.5~2.3

轉爐內에서 主反應

- ① $Si + O_2 \rightarrow SiO_2$
- ② $2C + O_2 \rightarrow 2CO$
- ③ $2P + 5O_2 \rightarrow P_2O_5$
- ④ $2Fe + O_2 \rightarrow 2FeO$
- ⑤ $Mn + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow MnO$
- ⑥ $2P + 5FeO \rightarrow P_2O_5 + 5Fe$

轉爐內에서 反應과 slag의 流動性을 살펴보면 轉爐精鍊에는 어떠한 연료도 필요치 않다. 장입원료와 산소와의 反應에 의해 산화열이 열원이 된다. 선철중의 규소는 처음 수분에 산화 제거되고 그때 온도상승에 의해 脫炭反應이 서

서히 활발하게 된다. 그 脫炭反應에 수반하여 생성된 CO gas에 의해 격열한 비등현상이 생기고 脫窒反應이 促進된다.

철의 酸化와 精鍊初期가 진행되고 生成된 산화 제 1 철 FeO가 流動性이 좋은 slag를 형성시키며 脫磷反應이 촉진된다.

slag cement용 slag로서는 적당치 않다.

바. 전기로 및 平爐 slag

電氣爐와 平爐는 轉爐와 다르고 外部에서 열을 가하며 투입원료를 용해시켜 정련한다. 電氣爐로서는 電弧熱이, 平爐에는 gas, 重油 등의 연소열이 열원이다.

電氣爐의 특징은 爐內분위기를 산화성 환원성을 자유로 변화시킬 수 있다는 점이다. 보통 산화성 분위기에서 용강중의 불용성분을 산화 제거하고 이것을 함유한 산화slag를 排出시킨 후 환원성 분위기에서 강을 탈산 및 성분조정을 행한다.

平爐에서 발생하는 slag는 電氣爐의 산화 slag와 거의 同一하다.

○電氣爐 Slag의 조성 예 단위 %

	FeO	FeO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO
산화 slag	12.28	4.23	12.18	5.20	3.42	48.27	13.26
환원 slag	2.64	Tr	20.93	3.97	0.90	62.96	10.77

전기로 및 평로의 slag는 slag cement 이외의 다른 제품에 적당하다.

사. slag의 加工

(1) slag의 冷却

徐冷處理: 高爐 또는 轉爐 중에서 生成된 직후의 slag는 1500℃ 이상의 고온의 용융상태에 있고 냉각처리하는데 냉각방법에 따라 다른 물성의 slag가 된다. 따라서 용도도 다르다.

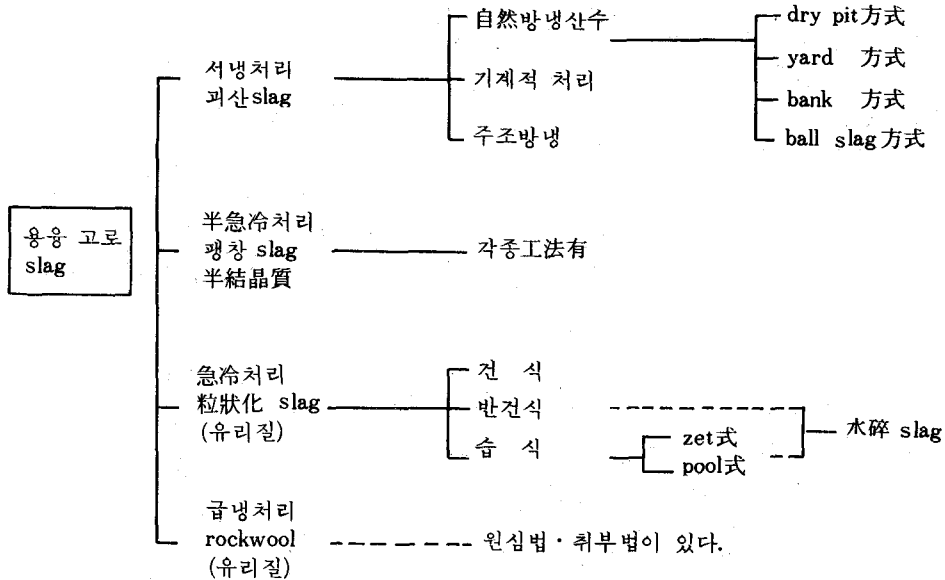
일반적으로 yard方式이나 dry pit方式이 채용된다. yard方式은 高爐에서 배출된 용융 slag를 鍋車에서 slag를 냉각장에 운반하며 3~50cm 두께로 흘러 공냉 또는 산수시키거나 기타 다른 수단으로 냉각하는 方法이 있다. 전로 및 전기로 slag는 이 方法에 의해 냉각된다.

dry pit方式은 高爐에 인접한 pit에 용융 slag

를 고로점서 직접 유입시켜 공냉 또는 散水시켜 서냉각하는 방법이다.

서냉된 slag는 일반적으로 硬質緻密한 결정질의 것이 된다.

○高爐 slag의 냉각 가공방법



급냉처리 (水碎處理) :

급냉처리는 現在 高爐 slag등에 채용되는 方法이며 용융 slag에 加壓水를 분사시켜 急冷 粒狀化(水碎)하는 方法이다. 사용水는 5~15m³/t · slag 정도이며 그 제조조건(slag온도, 水量, 水壓등)에 의해 軟質의 것과 硬質의 것이 제조된다.

軟質水碎 slag의 含有率이 높고 강한 潛在水 硬性도 가지고 우수한 高爐 cement用 원료 등이 된다.

硬質水碎 Slag는 10~30% 정도의 결정질은 含有한 것으로 良質의 砂에 利用된다. 을

자. slag의 성질

(1)化學的 性質

化學組成 : 일반적으로 slag는 CaO와 SiO₂의 2成分이 主成分이며그외에 高爐 slag에는 Al₂O₃, MgO가 轉爐 slag는 FeO, MgO, MnO등을 含有한다. 이러한 성분은 어느것이나 일반적으로 地 脚이나 보통 암석 광물 등을 구성하는 것과 한 계가 있으나 化學組成은 平均퇴적암 및 포틀랜

드 시멘트와 유사하다.

高爐徐冷 slag는 용융상태에서 yard 또는 dry pit에 흘려 넣어 서서히 냉각시킨 slag이며 岩 石狀의塊가 된다.

slag의 主成分은 CaO, SiO₂등의 酸化物은 단체로서 존재하지 않고 서로 綜合되어 硅酸鹽을 기초로 하는 결정이 형성된다.

2) 광물조성

고로 서냉 slag의 조직 : 동 slag의 조직은 현 미경 사진에서 보면 短冊狀 및 矩形의 斷面形狀을 한 메리나이트(흰부분)과 黑地인 silicate 계의 결정으로 구성된다.

소량의 유황분은 matrix중에 CaS형이 存在한 한다.

白色부분은 gehlenite (2 CaO · Al₂O₃ · SiO₂) 와 akermanite (2 CaO · MgO · 2 SiO₂)의 고용체이며 서냉 slag는 보통 gehlenite 45~65%이며 나머지는 akermanite의 複合 광물상이 형성된다.

黑地の silicate계 결정은 melilite β다이 칼슘

실리케이트($\beta - 2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)가 주체이며 CaO 함유량이 낮은 때에는 아느사이트($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$), 위라스토나이트($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), CaO 가 높을 때는 랑기나이트($3 \text{CaO} \cdot 2 \text{SiO}_2$), 멜비나이트($3 \text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2 \text{SiO}_2$) 등의 硅酸鹽 化合物을 析出한다.

水碎 slag : 용융상태에서 물로 급냉시킨 水碎 slag는 서냉슬래그와 같은 결정을 형성할 시간적 여유가 없고 냉각후 조적은 유리질이 된다.

제강 slag : 제강 slag(轉爐, 電氣爐, 平爐 slag)의 조적은 $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 및 CaO 의 고용체(흑색), $2 \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (白色)으로 구성된다. 단체에는 CaO 數%가 存在한다.

3) 水碎 slag의 유리化

高爐 slag의 化學成分은 CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , MgO 이며 硅酸鹽 용융체로서 melilite가 主體이며 多量의 물로 급냉(수백도 $^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 속도)이므로 급격한 점성의 강하로 결정의 배열을 갖지 않고 固結된 유리질이다.

일반적으로 규산염유리질은 $[\text{SiO}_4]$ 4면체가 不規則한 망목구조를 형성한다. 一部 Al_2O_3 (AlO_4)로서는 glass의 망목구조를 형성하던가 alkali성의 산화물의 양적 관계에서 망목 구조를 이루지 않는 경우도 있다. 유리공학에서 이와같은 유리의 망목구조를 형성하는 산화물을 network former라고 부르고 이것을 형성하지 못하는 alkali성 산화물이나 기타 산화물을 modifier로 區別한다.

염기도는 CaO/SiO_2 가 높아도 유리화하는데 어려운 조성이 된다. 유리량이 많은 水碎 slag를 제조하는데 어떻게 경제적인 냉각效果를 上昇시키느냐 하는 것이 중요한 기술이다.

특히 slag cement용에 사용하는 경우에는 유리량이 중요한 관리항목이다.

4) 水碎 slag의 潛在水硬性

水碎 slag의 특성의 하나로서 glass質이라는 것을 서술하였으며 서냉되어 나온 결정질의 서냉 slag도 그 化學的 성분은 同一하여도 化學的性質이 크게 다르다.

대체로 규산염의 결정($[\text{SiO}_4]$)은 4面體의 규칙

바른 배열을 하기 때문에 化學的으로 지극히 안정된 구조이나 glass질은 본래 서냉되면 안정한 결정이 되는 것을 급냉시켜 얻은 일종의 과냉액체로 分子가 자유로 움직이는 고온의 상태에서 상온까지 그 구조를 가지고 있도록 한것이다.

그래서 그 구조는 결정이 비교적 不安定한 상태이며 구조적으로 不安定하다는 말은 역설적으로 化學的反應性이 풍부하다는 것이 되고 이점이 水碎 slag가 서냉 slag보다 현저히 다른 점이다.

이 化學的인 반응성을 대표하는 특성을 水碎 slag의 潛在水硬性이라 한다.

潛在水硬性의 潛在는 顯在의 反對語로써 물과 접촉하여도 水硬性을 보이지 않으나 극히 미약하던가 하며 어떤 조건하에서 방치하면 대단히 현저한 수경성을 나타내는 것을 말한다.

이 조건으로서 水碎 slag는 강alkali성의 분위기에 녹으며 예를 들면 소량의 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 을 공존시키거나 포틀랜드 시멘트와 같이 水和反應을 일으켜 硬化된다.

포틀랜드 시멘트는 간단히 물만 습하여도 硬化하는 自硬性의 것과 區別된다. 여기서 水硬性의 性質에 對하여 설명코져 한다.

portland cement가 自硬性을 갖는 것은 간단히 말하면 linker광물 $3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (alite) + $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (belite)가 함유되어 水和反應하여 水硬性이 있는 $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 계의 水和物을 生成하기 때문이다.

한편 水碎 slag는 硬化하는 경우 alkali성 物質의 添加가 필요한데 이 alkali성 물질의 作用은 水碎 slag의 glass구조를 형성하는 $[\text{SiO}_4]$ 의 network의 절단이 일단 시작되어도 slag에 함유되어 있는 CaO 나 MgO 등의 alkali성 물질이 용출되어 나다 탄산화등의 中和作用이 없고 그 분위기는 alkali성을 유지시키며 그 network의 절단은 계속되고 glass의 물과의 용해가 진행된다.

이때 slag 중에 함유된 CaO 와 SiO_2 가 용출되고 액상 portland cement의 水和와 同一한 水和反應이 일어나 $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 계의 水和物을

生成하므로 硬化現象이 일어난다. 최초로 첨가된 alkali성 물질은 간단히 초기의 水和를 促進하는 作用을 행하며 化學量論的으로 必要한 것은 아니다. 이런 종류의 反應으로 또 하나는 pozzolan反應이라고 하는 水硬性反應이 있다.

이것은 火山灰 등의 可溶性 硅酸을 많이 함유하는 物質을 $Ca(OH)_2$ 를 化學的으로 吸收하여 $CaO-SiO_2-H_2O$ 계의 水和物을 形成하여 硬化하는 反應으로서 이 경우 $Ca(OH)_2$ 량이 化學量論的으로 必要하며 이 點은 水碎 slag와 根本的으로 다른 點이다.

5) 物理的 性質

高爐 slag 및 제강 slag의 物理的 性質은 一般 天然骨材와 유사하다. 주 성상은 다음과 같다.

表面外觀: 고로 서냉 slag, 제강 slag의 表面은 一般적으로 粗面이며 凸凹로서 稜角性이 풍부하다.

表面比重·絶乾比重: 高爐서냉 slag는 天然骨材에 比하여 약간 비중이 적다. 제강 slag는 약간 크다.

吸水率: 一般으로 高爐서냉 slag는 天然 골재에 比하여 약간 높고 제강 slag는 반대로 낮다.

내열내화성·단열성: 고로 서냉 slag, 제강 slag는 내열내화성, 단열성이 우수하다.

차. slag의 用途

一般도로, 床上에 上·下層 및 基層의 路盤에 使用된다.

粒度조정 slag는 빠른 시기에 높은 강도를 경고하기 위하여 水碎 slag, 소석회 등을 첨가하여 새노반재의 연구가 진행되고 있다. 일부는 실용화되고 있으며 同一 배합일때 프랑스에서는 graves-latiers라고 부르며 전국적으로 대량 쓰이고 있다.

graves-latiers의 配合

材 料 名	配 合 比 率(%)
고로 서냉 슬래그	84
고로 수해 슬래그	15
소 석 회	1

化學組成과 水硬性: 야금학적으로는 염기도 즉 CaO/SiO_2 는 중요한 인자이다. 그 이유를 고찰하여 보면 염기도가 높다고 하는 것은 glass를 구성하는 network formator로서의 SiO_2 가 적고 modifier로서 CaO 가 많게 되어 있기 때문에 glass구조가 不安定하게 된다고 쉽게 이해할 수 있다.

시멘트化學의 면에서 염기도로서 단순히 CaO/SiO_2 를 보지 않고 $CaO+MgO+Al_2O_3/SiO_2$ 를 염기도로 한다(KS L5210). 이것은 glass 조성과 그 반응성의 관계가 있다고 보여지며 MgO 는 水硬性물질을 형성하는 면에서 유효하지 않으나 반응성 면에서 유효하다.

asphalt concrete에서 骨材로 사용할 수 있고 고로 서냉 slag는 영국 독일에서 BS, DIN 등의 규격이 있고 天然骨材와 하등의 차이가 없는 asphalt concrete 골재로 사용하고 있다.

고로 서냉 slag를 asphalt로 안정처리된 것은 안정성, 내구성을 갖는 천연골재를 사용한 것보다 우수하다.

콘크리트용 slag碎石(粗骨材)로서의 고로 서냉 slag는 옛부터 제철소건설에 사용하였고 表面에 氣孔이 많기 때문에 cement paste의 부착이 좋고 그 결과 초기강도가 크고 곡강도가 큰 특성이 있다. 열에 의한 강도저하가 적고 열전도율이 낮은 우수한 성질이 있다. 콘크리트 보강용의 골재로서 미국 등에서 유용한 평가를 받고 있다.

slag碎砂(細骨材)는 良質의 砂를 얻기 힘든 실정으로 사용 가능성이 있다. slag cement용 水碎 slag는 glass질이므로 강도가 낮아 concrete용에 적당치 못하나 결정질의 견고한 水碎 slag의 제조로 사용 가능성이 있다.

混和材로서 用途는 高爐水碎 slag를 미 분쇄하여 분말도가 높은 blame valve 3500~4000cm²/g 정도의 것을 콘크리트에 사용한다.

강도가 증가되고 작업성이 개선되며 bleeding이 적고 화학적 저항성이 높다. 내열성이 큰 점 등의 여러가지 특징이 있다.

지반개량用으로서 sandpice로서 사용이 가능

하며 고로 서냉 slag를 20mm이하로 파쇄한 것 또는 水碎 slag는 slat pile에 적당하다. 이것은 天然砂와 同一하게 사용할때 전단 저항이 큰 것이 특징이다. 고로 slag는 alkali자극을 받아 경화하는 성질이 있으므로 석회 등을 첨가하여 보면 초기에는 투수능이 있으나 장기간 지나면 pile의 역할을 한다.

철도용으로 ballast로서 쓰이며 우수한 내구성을 보여준다.

肥料 및 土壤改良材로서 사용되는데 slag 肥料은 水田用의 硅酸石灰肥料로 쓰이고 酸性 土壤의 土壤改良效果가 있고 식물의 生育은 일반적으로 土壤의 pH는 5.5~6.0가 가장 좋은 조건이다. slag는 CaO나 MgO가 함유되어 있으므로 pH가 5.5이하의 토양에 대하여 slag를 施肥하면 좋다.

硅酸質肥料로서 稻의 잎 밑 줄기에 좋고 病虫害, 冷害, 倒伏 등에 특히 강하다.

시멘트용으로서 高爐 cement는 水碎 slag의 건조분말과 포틀랜드 시멘트 clinker에 적량의 석고를 가하여 混合粉碎하여 均一하게 混合하여 제조한다. 또는 별도로 분쇄하여 均일하게 混合하여 제조한다. 각종 특성이 있으나 생략한다. 시멘트 크링카의 원료로서 slag는 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ 등을 공급하는 粘土대용으로 利用된다. 주로 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ 등을 공급하는 粘土대용으로 利用된다. 주로 SiO₂, Al₂O₃ 원으로 이용되며 제강 slag는 주로 Fe₂O₃ 원으로 사용된다. slag의 主成分의 하나는 CaO로도 유효하며 石灰石의 소비량을 절감시켜 자원절약의 역할이 된다. 독일에서는 Clinker의 원료로 사용하고 있다.

土工用은 택지조성 및 도로의 성토재료로서 slag가 有効하다. 미국에서는 상하수도 및 석유가스의 파이프라인의 매설에 水碎 slag가 사용된다.

항만공사용으로 고로 slag, 제강 slag가 쓰인다.

建築用으로 slag wool로서 제조되는 것은 吸音材, 보온재 등의 건축재료, 산업용의 보온보

냉재나 방화재, 아스팔트화이버보드, 충전재로 널리 사용된다.

slag에 규사 소다회 등을 가하여 제조되는 glass 또는 도자기상의 인조석은 slag sitall 이나 slagceram 또는 slag도자기 등의 제품을 만들고 일부 실용화되고 있다.

2) portland cement clinker

보통 포틀랜드 시멘트 크링카를 사용하며 주 성분은 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO 이며 기타 소량의 Alkha, MgO igloss 불용해 잔사가 포함된다.

KS L 5201에 규정된 시멘트 clinker와 동질의 것이다.

3) 석고

석고는 天然石膏와 化學石膏로 분류할 수 있고 國內사정은 化學石膏가 풍부한 바 정제된 화학석고를 사용한다.

slag cement의 응결조절제로 소량이 소요된다. 화학조성은 CaSO₄ · 2H₂O이다.

가. slag cement의 分類

1) KS規格

KS L5210의 slag cement에 對하여 규정되어 있다.

슬래그 시멘트는 포틀랜드 시멘트 크링카와 슬래그에 적당량의 석고를 가하여 분말로 한 것이다. 포틀랜드 시멘트 크링카는 KS L5210에 규정한 것을 사용한다. 슬래그는 용융상태의 용광로의 슬래그를 수중 급냉한 유리상의 것으로 품질규정에 따르는 것을 사용하며 혼합량은 중량으로 슬래그 시멘트의 25~65%로 한다.

품질로서 화학성분 물리성능은 다음과 같다.

○ 化學成分 단위(%)

무수 황산(SO ₃)	4.5 이하
불용해 잔분	1.0 이하
강 열 감량	3.0 이하

○ 물리 성능

분 말 도	표준체 44 μ 잔분(%)	20 이하
	비표면적(cm ² /g)	2600 이상

○slag cement concrete의 주요 성질

종 류 양	콘 크 리 트 의 주 된 성 질								
	초기 양생 기간	압축강도 (재령28일)	부차, 강도 정 탄 성 계 수	재령 26주의 건조수축율 (FIC : 225)		중성화깊이* (mm) (FIC : 180)	내열성 110℃ (3년의 압축 강도비)	내해수령 (17.5% 농도 2년의 압축강도비)	내산성 (초 산25%농도 16주의 강 도비)
				초기양생한 (7個月간) 경우	초기양생하지 않은 경우				
slag cement A 종	5 일간	25℃ 이상 : 15% 이상 상회 15℃ 이하 : 5% 이하 하회	25% 이상 원시 압축강도에 유사	6.4 × 10 ⁻⁴	7.0 × 10 ⁻⁴	28(W/C 69%)	1.1	1.3	-
" B 종	6 일간	25℃ 이상 : 20% 이상 상회 15℃ 이하 : 10% 이상 하회	"	6.3 × 10 ⁻⁴	7.6 × 10 ⁻⁴	27(W/C 63%)	1.2	1.4	1.2
" C 종	7 일간	25℃ 이상 : 25% 이상 상회 15℃ 이하 : 20% 이상 하회	"	6.3 × 10 ⁻⁴	8.9 × 10 ⁻⁴	27(W/C 60%)	1.3	1.6	1.3
보통 포틀랜 드 시멘트	5 일간	25℃ 이상 : - 15℃ 이하 : -	"	6.6 × 10 ⁻⁴	6.9 × 10 ⁻⁴	26(W/C 70%)	1.0	1.0	1.0

압축강도에 대하여 각 slag시멘트 콘크리트의 양생온도의 차이에 따라 압축강도의 발현의 개괄적인 경향은 표와 같이 15℃ 이하의 경우는 slag의 함량이 많은 시멘트 콘크리트쪽이 압축강도가 낮고 반대로 25℃ 이상의 경우는 slag의 함량이 많은 시멘트 콘크리트쪽의 압축강도가 높다.

(8) 부착강도 및 정탄성계수

각 종류의 시멘트 콘크리트는 그것의 증진상황에 따라 각각 압축강도와 유사하다.

(9) 건조수축

건조수축이 크면 콘크리트表面에 균열이 많이 발생하게 된다. 설계기준강도(Fc)를 225kg/cm²의 경우 각종류의 slag cement에 대하여 7일간초기 양생한 경우와 초기양생을 전혀 안한 경우의 재령26주 건조수축율은 표와 같다. slag의 함량이 많은 시멘트 콘크리트쪽이 전자의 양생방법보다 적고 후자의 양생방법쪽이 크다.

(10) 중화성 길이

원래 alkali의 콘크리트는 공기중의 CO₂에 의해 점차 탄산화 된다. 이것을 中性化라 한다. 중성화되면 철근의 방청상 불리하며 slag 함량

이 많은 시멘트쪽이 재령 28일 압축강도가 낮기 때문에 물 시멘트비도 당연이 낮다. 결과적으로 각 시멘트 콘크리트의 평균중성화 길이는 거의 같다.

(11) 耐熱性

표와 같이 3년간 110℃의 장기가열을 받은 경우 보통 포틀랜드 시멘트의 압축강도 잔손율을 1.0으로 하여 비교하면 slag의 함량이 많은 시멘트 콘크리트쪽이 내열성이 크다.

(12) 내해수성

표와 같이 2년간 염분농도 17.5%의 海水中(天然海水의 염분농도 약3.5%)에 침적한 경우 보통 포틀랜드 시멘트 콘크리트의 압축강도를 1.0으로하여 비교하면 slag함량이 많은 시멘트 콘크리트쪽이 해수에 대한 저항성이 크다. 현재 천연 해수중에 장기재령 침적시킨 재령 7년에서도 slag의 함량이 많은 콘크리트 쪽이 양호하다.

(13) 내산성

표와 같이 16주간 질산농도 2.5%의 약중에 침적하는 경우 보통 포틀랜드 시멘트 콘크리트를 1.0으로 하여 비교하면 slag함량이 많은 시멘트 콘크리트쪽이 내산성이 크다.

안정도	오토클레이브 팽창도		0.2 이하
	또는 수축 도입		60
응결시간	길모아시험	초결(분)	10 이상
		중결(시간)	60 이하
	버이커 시험(분)		80 이상
강도	압축강도 (kg/cm ²)	3 일	140 이상
		7 일	240
		28 일	240
	7 일		70 이하
28 일		60 이하	

슬래그는 品質은 슬래그의 염기도 1.4 이상이어야 한다. 염기도는 다음식에 따라 계산한다.

$$b = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$$

b = 염기도

SiO₂: 슬래그 중 실리카의 무게 (%)

CaO: 슬래그 중 산화칼슘의 무게 (%)

MgO: 슬래그 중 산화마그네슘의 무게 (%)

Al₂O₃: 슬래그 중 산화알루미늄의 무게 (%)

시험은 시료채취 MS L5101, 화학분석 KS L5120, 분말도 KS L5106, 안정도 KS L5107, 응결 시간 KS L5103, 압축강도 KS L5105에 따라 행한다.

2) 기타 규격

國名	各稱	Slag配合比率
日本	高爐 시멘트 A種	<30
"	" B種	30~60
"	" C種	60~70
美國	portland blast furnace cement	25~65
한국	"	25~65
英國	"	<65
西獨	eisenportland zement	<30
"	hochofen zement	31~85
"	sulphathuften zement	<30
프랑스	ciment de fer	20~30
"	ciment metallurgique mixe	≤50
"	ciment de heat fourneau	65~75
"	ciment de laitier an clinker	≤80
벨지움	cime n de fer	<30

"	ciment de heat fourneau	30~70
"	ciment per metallurgique	80~85
"	ciment metallurgique sursulfate	>85

타 slag cement의 품질의 개요.

(1) 비중 표와 같이 slag의 함량이 많은 시멘트는 비중이 적다.

(2) 比表面積 (blcmine법)

표와같이 경향은 sag의 함량이 많은 시멘트가 입자가 곱다.

(3) 응결시간

표와같이 경향은 slap의 함량이 많은 slag 시멘트쪽이 응결시간이 지연된다.

○ slag cement의 物理的 性能에

항목	종류	중		
		A 중	B 중	C 중
slag함량(무게%)		30이하	30~60	60~70
비중		3.08	3.05	3.0~2.99
비표면적(cm ² /g)		3710	3800	3880
응결시간	초결(시간:분)	2:52	3:19	4:33
	중결(시간:분)	4:14	4:42	6:17
압축강도(kg/cm ²)	3 일	132	108	87
	7 일	211	175	171
	28 일	394	379	366

(4) 안정도

KS규격에는 0.2%이하이며 slag의 함량이 많을수록 안정도가 좋다.

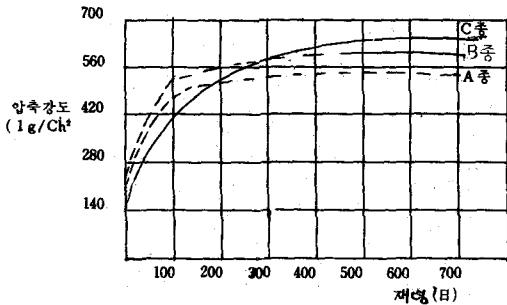
(5) 압축강도

표와같이 압축강도는 경향으로서 재령 28일까지 slag함량이 많은 시멘트가 적으나 재령 91~1831이 되면 B종이 가장 높고 A종 C종의 순이다. 재령 365~730일이 되면 slag함량이 많은 시멘트 쪽이 혼합된 slag의 잠재수경성에 의해 장기간 강도가 크게 되고 내구성 구조물이 된다.

(6) 水和熱

수화열은 시멘트의 수화에 따라 생기는 발열을 말한다. 표와 같이 slag함량이 많은 시멘트

쪽이 수화열이 적고 massive한 콘크리트에 적당하다.



재령과 slag 시멘트의 종류와 압축강도와와의 관계

○수화열의 측정에

종 류	slag의 함량 (%)	水和熱(cal/g) C				수 화 열 율(%)			
		3 일	7 일	28 일	91 일	3 일	7 일	28 일	91 일
slag cement B종	37	45.9	62.0	75.5	80.0	99	95	89	92
slag cement C종	67	43.9	48.5	57.3	59.9	95	73	68	69
보통portland cement		46.2	66.3	84.7	87.4	100	100	100	100

파. slag cement의 주요 성질

(1) 작업성 및 단위수량

concrete에 따라 작업성이 다르다 slag cement를 사용한 concrete는 보통포틀랜드 시멘트 콘크리트와 同一한 작업성을 얻는 경우 표와같이 slag의 함량이 많은 cement concrete 쪽이 단위수량이 적다.

(2) 공기량

콘크리트에 따라 공기량이 많으면 동결 응해 작용에 대하여 저항성이 증대되고 반대로 강도

가 저하되고 건조수축이 커진다. 일반적으로 공기량 범위는 3~6%로 정해진다.

slag cement에 사용하는 모래, 골재·AE콘크리트에 필요한 단위AE제량은 보통 포틀랜드 시멘트 콘크리트의 량보다 많이 요구된다. 특히 slag의 함량이 많은 cement쪽이 많이 필요하다

(3) 슬럼프 저하율

시공중의 concrete의 슬럼프 저하율이 높으면 시공이 나쁘다 表에서 모여준바 같이 보통 콘크리트의 슬럼프의 저하율을 약간 낮다 특히 slag함량의 많은시멘트 콘크리트쪽이 적다.

(4) 블리딩

블리딩은 콘크리트 타입한후 내부의 잉여수가 concrete상면에 부상하는 현상을 말한다. 이것이 큰쪽이 concrete의 품질이 나쁘다.

표와같이 slag함량이 많은 콘크리트 쪽이 약간 블리딩이 적다.

(5) 凝結

表와같이 slag의 함량이 많은 cement 콘크리트쪽이 늦다 이것은 slag cement가 불中콘크리트에 적당한 이유가 된다.

(6) 콘크리트의 필요한 초기양생기간

시멘트는 수경성이 있어 콘크리트 타설한 직후 양생이 중요하다.

표와같이 필요한 초기양생기간은 slag cement A종, 보통포틀랜드 시멘트 5일간, B종 6일간, C종 7일간 정도이다.

(7) 압축강도

보통 포틀랜드시멘트 콘크리트의 재령 28일

○slag시멘트 콘크리트의 성질

종 류	단위수량	단위 AE제 량비	타입한후60분의 slump 저하율(%)		블리딩량비	응 결 (시간:분)			
			20℃	40℃		20℃		40℃	
						초 결	종 결	초 결	종 결
slag cement A종	3%감	1.1	13	31	1.1	6:10	8:10	3:50	5:00
" B종	4%"	1.2	11	26	1.2	7:00	10:10	4:40	6:30
" C종	5%"	1.3	11	21	1.4	7:30	12:20	5:00	7:50
보통포틀랜드시멘트	-	1.0	14	30	1.0	4:40	6:40	3:00	4:00

(0.3cm³/cm²)

(14) 促進着生

slag시멘트 A종 B종 C종 및 보통 포틀랜드시멘트를 사용한 콘크리트를 고압증기양생하여 동일 재령의 표준(水中) 양생한 경우 비교하면 일반적으로 slag의 함량이 많은 시멘트콘크리트 쪽이 압축강도의 발현비가 크다. 따라서 촉진양생하는 경우 시멘트 및 콘크리트 2차 제품에 적당하다.

slag cement concrete의 이용되는 특성에 따른 용도와 슬래그 시멘트 종류 및 대상콘크리트는 다음과 같다.

○ slag cement concrete의 용도

利用되는 特性	用 途
化學저항성, 내구성 장기강도의 증진을 요하는 공사	호안, 항만설비 등의 해수공사, 하수공사, 공장광산 배수공사 및 일반 토목건축공사
수화열이 낮은 공사	램 케이션공사 등의 메스 콘크리트 공사
내열성을 요하는 공사	연돌, 연도, 축로 등의 공사 로
수밀성을 요하는 공사	농업용 수도, 지하실, 지하천, 터널, 상하수도, 하천 등의 공사
촉진양생을 요하는 제품	시멘트 콘크리트 2차 제품(흙판, 파일등)

○ 대상 콘크리트 및 슬래그 시멘트의 종류

대상 콘크리트	콘크리트의 품질등급	종 류		
		A 종	B 종	C 종
일반구조물용 콘크리트	보 통	○	○	-
한 중 "	보 통	○	○	-
서 중 "	보 통	○	○	-
간 이 "	간 이	○	○	○
고 강 도 "	고 급	○	-	-
메 스 "	보 통	○	○	○
수 밀 "	-	○	○	-
해수작용받는 "	고 급	○	○	-
프리 스트레스트 "	고 급	○	○	-
무 근 "	보 통	○	○	○

슬래그 시멘트 사용상의 주의

① 초기양생

슬래그 시멘트는 보통 시멘트에 비하여 초기 강도발현보다 장기강도의 발현이 큼니다. 그러므로 보통포틀랜드 시멘트와 똑같이 초기양생에 주의하고 콘크리트의 표면이 건조되지 않도록 주의 하여야 하고 수화열이 낮아 메스 콘크리트에 적당하며 저온시에는 그 영향을 받기 쉬우므로 동시공사중에는 거무집 존치시간을 연장하는등 콘크리트의 보온조치가 필요합니다.

② 각종 혼화제의 사용

AE제, 감수제, 감수제, 급결제 등 콘크리트 혼화제로서 보통 시멘트의 사용되는 것을 슬래그 시멘트에 사용해도 무방합니다.

③ 발 색

슬래그 시멘트 콘크리트는 탈형시에 선명한 청색을 나타내고 있으나 이것은 슬래그에 남아 있는 미량의 황화물에 의한 작용이며 강도 기타 물성에도 하등의 영향을 미치지 않습니다. 탈형 후 1주간후면 콘크리트 본래의 색이 나타납니다.

④ 수 분

슬래그 시멘트는 보통시멘트의 입보보다. 아주 미세하여 뽕분에 민감한 반응을 일으키기 쉬우니 습한 장소 또한 우기에는 습기에 접하지 않도록 한다.

