

高爐시멘트에 있어서 高爐水碎 슬래그의 反應性

大 門 正 機

〈日本 東京工大 無機材料科〉

1. 서 언

高爐슬래그 水和反應에 미치는 인자 중에는 슬래그 자신이 가지고 있는 인자 이외에 그 사용에 따른 인자도 무시할 수 없다.

슬래그 자신의 인자로서는 化學組成 및 熱履歷을 들 수 있으며, 사용에 따른 인자로서는 粉碎方法 및 刺戟劑를 들 수 있다.

본 논문에서는 日本에 있어서 比較的 오래된 報告書들을 기초로 하여 以上の 4개의 인자들에 대한 것을 정리하고자 한다.

2. 刺戟劑(포틀랜드시멘트)

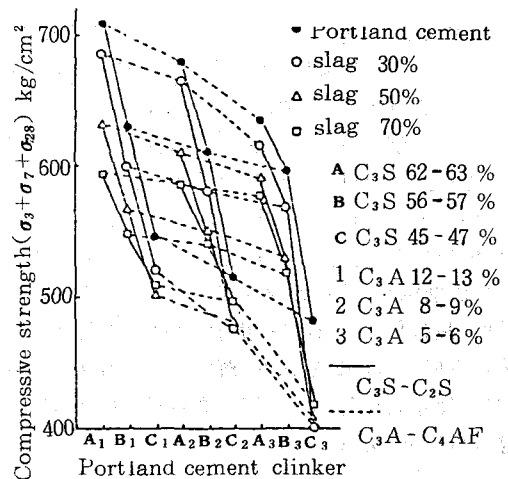
石膏, 石灰 등의 자극제를 변화시키면 高爐슬래그의 反應은 크게 변한다.¹⁾

高爐시멘트에 있어서는 포틀랜드시멘트가 자극제의 역할을 하므로 高爐슬래그를 적절하게 水和反應시키기 위해서는 적당한 포틀랜드시멘트를 사용함이 바람직하다.

後藤²⁾는 9가지의 組成이 서로 다른 포틀랜드시멘트 크링커를 사용하여 27 종류의 高爐시멘트를 만들어 몰탈강도를 測定하여 그 結果를 比較檢討한 結果, 〈그림-1〉에서와 같이 C₃S 및 C₃A 함량이 높을수록 강도의 發現이 좋은 결과를 가져옴을 발견하였다. 더우기 C₃A의 함량이 너무 많으면 耐海水性에 문제가 있으며 水和發熱량이 높아지므로³⁾ C₃S의 양을 증가시키는 편이 高爐시멘트용 포틀랜드시멘트로서 적당하다고 하고 있다.

高爐슬래그의 수화가 포틀랜드시멘트에 의하여 영향을 받는 반면 크링커 화합물의 水和가 高爐슬래그의 영향을 받는 것도 잘 알려져 있는 일이다. 戶谷⁴⁾은 C₃S의 水和가 高爐슬래그에 의하여 促進됨을 강조하였으며 花田, 伊藤⁵⁾ 등은 C₃A 水和反應이 지연됨을 밝혔다.

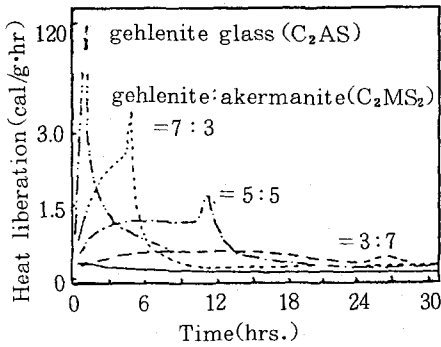
石膏의 최적첨가량은 決定하기 어려우며 赤津前田⁶⁾의 實驗結果에 依하면 強度發現을 指標로 했을 경우 최적 SO₃의 量은 2.0~2.5%이지만 슬래그와 크링커의 化學組成, 粉末度, 配合比 등에 依하여서도 變化된다. 強度發現 이외의 特性을 문제삼을 경우에는 최적치가 더욱 복잡해진다. 석고의 첨가량이 많을수록 水和發熱은 적어



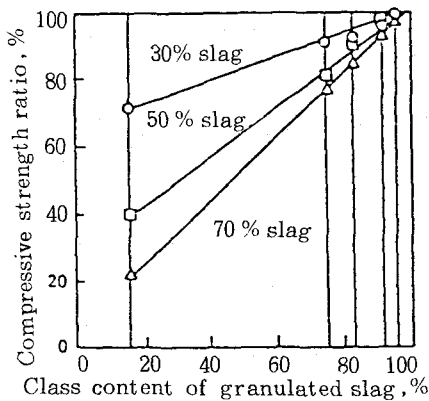
〈그림-1〉 化學組成이 서로 다른 포틀랜드시멘트 크링커를 사용했을 때의 高爐시멘트의 JIS 몰탈壓縮強度

있다. 現在 日本에서 使用되고 있는 거의 모든 슬래그의 鹽基度는 1.8 以上이다. 宮入²⁸⁾은 鹽基度가 서로 다른 두 종류의 슬래그를 混合使用할 경우 鹽基度の 加成性이 成立한다고 報告하고 있다.

<그림-3>, <그림-4>는 強度發現²⁷⁾과 水和反應性²⁸⁾을 나타낸다. Gehlenite(C_2AS)의 化學組成에 가까운 슬래그의 鹽基度は 약 3.5로서 水和反應性이 너무 높아 正常的 不硬性은 보이지



<그림-4> Gehlenite-Akermanite 固溶體 組成物을 1750℃로부터 急冷合成시킨 Blaine 値 4500 ± 50 인 模擬 슬래그의 水和發熱速度曲線 (70% 슬래그, 25% $Ca(OH)_2$, 5% 석고)



<그림-5> 유리 화율과 壓縮強度比의 關係(유리質 슬래그와 結晶性 슬래그를 混合하여 유리含有量이 서로 다른 슬래그試料로 하여 3, 7, 28 日 強度를 比較)

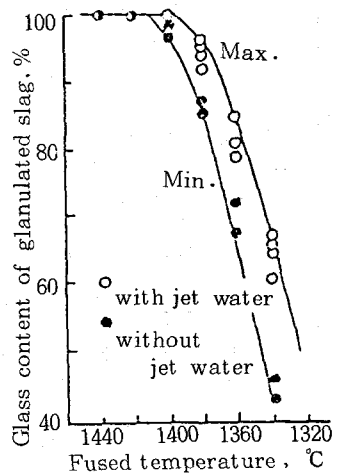
않는다.

5. 熱履歷(유리化率)

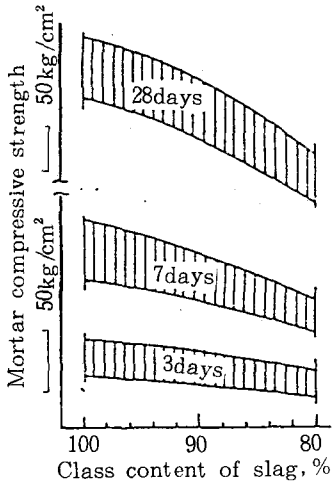
열이력은 대단히 重要的 因子이지만 아직도 充分히 밝혀지지 않은 점이 많다. 유리化率은 슬래그의 熱履歷을 評價하는 척도로서 널리 使用되고 있다.

花田²⁹⁾은 水碎슬래그와 結晶化 슬래그를 混合하여 유리含有率이 서로 다른 슬래그試料를 만들어 <그림-5>와 같은 實驗結果를 얻었다. 結晶相은 유리相과 比較하여 反應性이 매우 낮으므로 분명히 유리含有量이 많은 것이 바람직하다. 더우기 유리化率의 大小가 문제시 되는 것은 유리함유량의 차이만에 依한 것만이 아니라 냉각條件의 차이에 依한 유리相의 反應性의 차이도 關係되므로 유리화율은 98% 이상인 것이 바람직하다. 赤津³⁰⁾은 <그림-6>, <그림-7>에 나타낸 것과 같이 더욱 상세한 結果를 얻고 있다.

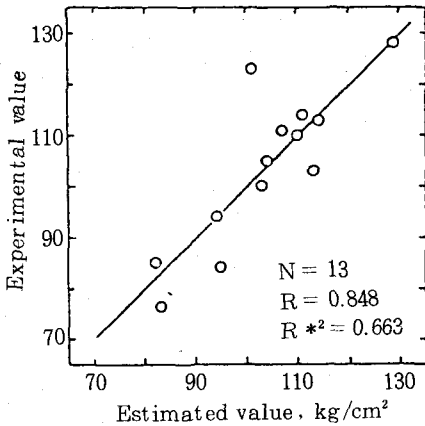
유리化率이 높은 슬래그 중의 유리相이 反應性이 높은 것은 유리구조의 무질서가 크다는 것 이외에 유리組成의 鹽基도가 높아지는 것도 原因의 하나이다. 析出되는 게라나이트의 結晶은



<그림-6> 슬래그 融液의 溫度와 水碎슬래그의 유리화율과의 關係(使用 슬래그의 鹽基度は 1.99 및 1.88)



〈그림-7〉 유리화율이 高爐시멘트의 強度에 미치는 영향(融液溫度 및 冷却條件을 변화시켜 유리화율이 서로 다른 試料을 만들어 슬래그 含有率 50%인 高爐시멘트를 製造)



〈그림-8〉 슬래그 含有率 50%인 高爐시멘트의 28日 壓縮強度 實測値와 推定値와의 比較

母相보다도 게레나이트組成에 가까우며 따라서 남은 유리相의 鹽基度는 전체의 鹽基度보다 낮아진다고 생각된다.

6. 結 論

高爐시멘트속의 슬래그의 거동에 대해서는 아직도 분명하지 않은 부분이 너무도 많다. 그러나 슬래그의 水硬性은 鹽基度와 유리化率에 의하여 일차적인 근사치로서 예측 가능하다. 竹村³¹⁾는 피크린산 메타놀溶液處理에 의한 溶解殘量을 유리化率로 하여 鹽基度 및 유리化率과 몰탈強度와의 相關關係를 〈그림-8〉과 같이 나타냈다.

最近에는 슬래그를 자원의 절약 및 에너지 절약이라는 관점에서 사용되는 단지 增量材로써 보는 것이 아니라 콘크리트의 성질 및 신뢰성을 改善시키기 위한 素材로서 생각하는 경향이 크며 따라서 反應性의 大小만을 研究하기에는 不充分하다고 볼 수 있다. 우수한 콘크리트를 만들기 위한 水和發熱性狀, 腐蝕因子 侵入性狀, 膨脹收縮性狀等이 어떻게 改善될 것인가가 重要한 문제로 되어있으며 많은 研究가 進行되고 있다. 또한 凍結融解抵抗, 乾燥收縮 등도 重要한 因子이다. 〈譯: 明知大 李卿喜 教授〉

〈參 考 文 獻〉

1. “各種水滓系セメントに於ける水滓の活性”, 山内俊吉, 近藤連一, セメント技術年報, 6, 180-186(1952).
2. “高爐セメントに關する研究-主としてクリンカーの化學成分の影響”, 後藤一夫, 花田光雄, 宮入英彦, セメント技術年報, 15, 82-87(1961).
3. “水碎スラグとクリンカーの化學成分が各種高爐セメントの海水抵抗性におよぼす影響について”, 宮入英彦, 古川柳太郎, 齊藤一實, セメント技術年報, 29, 102-106(1975).
4. “高爐セメントの水和熱の研究”, 戸谷陽一, 齊藤豊, 片山哲哉, 田中弘文, セメント技術年報, 34, 74-77, (1980).
5. “メリライト(がラス質)の水和反應”, 花田光雄, 伊藤貞敏, セメント技術年報, 23, 72-75(1969).
6. “強度發現性からみた高爐セメントの最適 SO₃量”, 赤津健, 前田勝輔, セメント技術年報, 27, 80-82, (1973).
7. “高爐セメントの水和熱, 強度の及ぼすスラグ配合量

- セメント粉末度, セツコウ添加量などの影響について”, 森仁明, セメント技術年報, 13, 170-179(1959).
8. “形態の異なるセツコウを添加した高爐セメントの2,3の性質について”, 吉井豊藤丸, 原田賢, セメント技術年報, 13, 179-186(1959).
 9. “クリンカー, 水碎スラグのグラインダビリチにおよぼすセツコウの形態と配合量の影響”, 齊藤直意, 岩淵俊次, セメント技術年報, 13, 209-213(1965).
 10. “各種セメントの化學抵抗性に關する研究—特に高爐セメントの化學抵抗性の改善”, 山内俊吉, 近藤連一, 窯業協會誌, 62, 656-665(1954).
 11. “セメントに添加される石膏の適正な形態と量”, 山内俊吉, 近藤連一, 窯業協會誌, 63, 42-46(1955).
 12. “セツコウの形態とセメントの性能”, 山内俊吉, 近藤連一, 原田賢, 青木進, セメント技術年報, 9, 134-138(1955).
 13. “セツコウの形態が高爐セメントの性質におよぼす影響”, 長野蘭蔵, 山脇作十郎, セメント技術年報, 14, 170-177(1960).
 14. “高爐セメントの強さ發現性とトリエタノールアミン”, 立畑節郎, 小谷博城安市, セメント技術年報, 36, 89-92(1982).
 15. “高爐セメントにおける水滓の適正配合と粉末度”, 後藤一夫, 城戸源三郎, 木村高則, 齊藤和幸, セメント技術年報, 11, 140-145(1957).
 16. “種々の養生温度における高爐セメントの強度に及ぼすスラグおよびクリンカー粉末度およびクリンカー配合率の影響”, 酒井亨, 山根淳, セメント技術年報, 11, 145-150(1957).
 17. “高爐セメントの水滓およびクリンカーの粉末組成とセメントの諸特性”, 齊藤直意, 岩淵俊次, セメント技術年報, 11, 150-158(1957).
 18. “高爐セメントの品質におよぼすスラグ粉末粒度構成の影響”, 和田定雄, 井川健, セメント技術年報, 20, 176-180(1986).
 19. “分離粉碎方式による高爐セメントの品質”, 横瀬信次, 本橋光明, 本郷宏造, セメント技術年報, 7, 105-110(1953).
 20. “粉碎方式を異にする高爐セメントの品質”, 望月光雄, 鎌尾博, セメント技術年報, 9, 90-95(1955).
 21. “粉碎方式の相違による高爐セメントの性質について”, 長野蘭蔵, 關岡廣雄, 山脇作十郎, セメント技術年報, 13, 186-192(1959).
 22. “水滓の粉碎性について”, 長野蘭蔵, セメント技術年報, 11, 133-139(1957).
 23. “高爐セメントに關する研究—主として水碎スラグの影響について”, 後藤一夫, 花田光雄, 宮入英彦, セメント技術年報, 16, 162-167(1962).
 24. “高爐水滓の化學成分の改善とその水硬性”, 酒井亨, セメント技術年報, 9, 102-107(1955).
 25. “高マグネシア質高爐セメントについての研究”, 後藤一夫, 齊藤和幸, セメント技術年報, 13, 192-199(1959).
 26. “高爐セメント用水碎スラグの強度に對する鹽基度の加成性について”, 宮入英彦, 池田五十六, セメント技術年報, 23, 120-122(1969).
 27. “Gehlenite-Akermanite系水碎スラグが高爐セメントの強度發現性狀におよぼす影響”, 赤津健, 池田五十六, 定常一夫, セメント技術年報, 32, 97-99(1978).
 28. “スラグガラス中の Al_3+ の12配位状態と水和活性”, 田中弘文, 戸谷陽一, 齊藤豊, セメント技術年報, 36, 73-76(1982).
 29. “高爐セメントに關する研究”, 花田光雄, 宮入英彦, 河内, セメント技術年報, 20, 171-175(1966).
 30. “高爐水碎スラグのガラス量について”, 赤津健, 池田五十六, 志賀直敏, 前田勝輔, セメント技術年報, 28, 91-93(1974).
 31. “高爐スラグの各種物性値と高爐セメントの強度との關係について”, 龜島範昭, 竹村明, セメント技術年報, 36, 85-88(1982).