

시멘트 粉體의 체질, 風篩試驗法에 의한 粒度分布와 比表面積과의 關係

崔 升 煥
 <大韓洋灰關慶工場試驗室長>

I. 序 言

시멘트의 粒度分布關係는 生産量, 水和反應의 進行速度에 따른 凝結時間, 強度의 示顯程度, 콘 크리트의 workability 등 시멘트의 物理性能面에 중요한 영향을 미치고 있어 시멘트의 品質面과 粉碎工程上의 經濟性を 考慮, 합리적인 관리가 絶실히 요청되고 있다.

일반적으로 生産工場에서 시멘트 粉體의 粒度試驗은 標準 체(篩)를 이용한 粒度試驗과 空氣透過法에 의한 比表面積試驗이 널리 利用되고 있다. 그러나 標準 체에 의한 篩分은 44 micron (325 mesh)이 限界이므로 그 이하의 微粒子 粒度組成關係는 micro sieving을 하지 않고는 料明기가 困難하고 브레인 試驗에 의한 比表面積關係는 全體粒子的 表面積을 나타내기 때문에 때때로 mill의 型式과 構造上의 相異, 鋼球의 크기 및 充填量, 空氣分離機의 循環量, 投入 크링카의 粒度組成 등에 따라 체질 試驗結果와 比表面積이 상호 비례하지 않는 事例가 종종 나타나 精確한 粒度分布의 파악이 불충분한 실정이다.

따라서 本試驗에서는 44 micron 이상은 체질法으로, 40 micron 이하는 風篩法(elutrication method)으로 각 粒子를 크기별로 구분하여 比表面積을 측정 한 후 主要標準 체 試驗結果值와 比表面積과의 關係를 料明함으로써 체질 試驗과 Blaine 試驗에 의한 시멘트 粒度分布 管理의 參考資料를 얻고자 한다.

II. 試料準備 및 試驗方法

1. 試料準備

<表-1>과 같이 主要標準 체 체질 試驗結果와 比表面積이 상호 비례하지 않는 포틀랜드 시멘트를 선택하여 試驗用 試料로 하였다.

<表-1> 試料의 比表面積 및 체 試驗結果

特性值 試料	比表面積 (cm ² /g)	+44μ 殘分 (%)	+88μ 殘分 (%)	+147μ 殘分 (%)
試料 A	3,161	25.6	6.3	0.9
" B	3,704	23.4	4.6	0.7
" C	3,656	25.4	9.1	3.1

2. 체질 試驗

44, 53, 62, 74, 88 micron의 標準 체를 가지고 각 試料에 대하여 체질 試驗을 하였다.

3. 風篩試驗(elutrication method)

風篩裝置를 利用, JIS R 5201-1964 및 日本 시멘트協會 標準試驗方法(JCEAS K-01-1962)에 따라 15, 20, 30, 40 micron의 殘分을 測定하였다.

4. 比表面積試驗

체질 試驗 및 風篩試驗으로 分離된 試料를 모아 각 粒子 크기별로 Blaine 試驗을 행하였다.

① 체질 試驗으로 分離한 각 粒子群의 比表面積試驗은 Blaine 值를 알고 있는 標準試料에 測定試料를 適量 混入하여 試驗을 하였다.

② 40 micron 이하의 粒子群은 風篩試驗에서의 殘渣를 모아 比表面積을 測定하였다.

③ 40 micron 이하의 각 粒子 區分間의 比表

面積은 ②의 結果를 가지고 計算하였다.

III. 試驗結果 및 計算

1. 체 가름 試驗結果

각 試料의 標準 체에 의한 체 가름 試驗結果는 <表-2>와 같다.

<表-2> 체 가름 試驗結果表

試料區分 \ 體區分	+44 μ 殘分 (%)	+53 μ 殘分 (%)	+62 μ 殘分 (%)	+74 μ 殘分 (%)	+88 μ 殘分 (%)	+74 μ 殘分 (%)
A	25.6	16.7	14.4	10.2	6.3	0.9
B	23.4	13.9	11.3	7.9	4.6	0.7
C	25.4	18.1	15.9	12.5	9.1	3.1

2. 風篩試驗(elutriation method) 結果

각 試料의 40 micron 이하에 대한 風篩試驗結果는 <表-3>과 같다.

<表-3> 風篩試驗結果表

구분	+15 μ 殘分 (%)	15 ~ 20 μ 殘分 (%)	+20 μ 殘分 (%)	20 ~ 30 μ 殘分 (%)	+30 μ 殘分 (%)	30 ~ 40 μ 殘分 (%)	+40 μ 殘分 (%)
A	68.2	6.0	62.2	12.7	49.5	9.3	40.2
B	64.3	6.6	57.7	12.7	45.0	10.3	34.7
C	67.5	7.7	59.8	12.1	47.7	9.5	38.2

3. 比表面積 試驗結果

1) 標準 체 가름에 의한 粒子群別 比表面積

標準 체 가름에 의한 粒子群別 殘渣 및 通過分에 對한 比表面積 測定結果는 <表-4>와 같다.

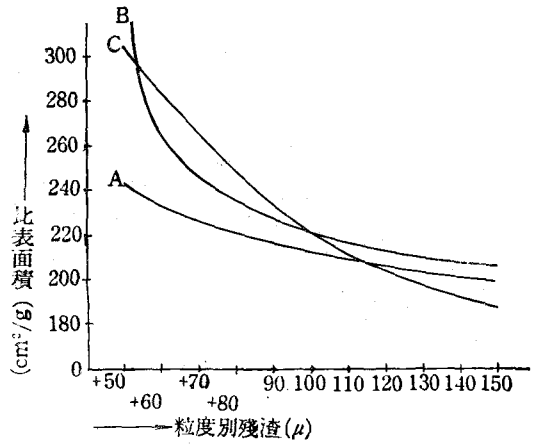
<表-4> 體區分別 比表面積 試驗表

試料區分 \ 體區分	+44 μ (殘分) (cm ² /g)	+53 μ (殘分) (cm ² /g)	-44 μ (通過分) (cm ² /g)	-53 μ (通過分) (cm ² /g)
A	342	239	4,160	3,753
B	385	314	4,771	4,297
C	331	299	4,790	4,362

53 micron 이상의 比表面積 試驗結果는 後述한 바와 같이 比表面積 既知의 標準試料에 測定 試料를 適量 混入하여 測定한 結果 試驗誤差로 인한 모순성도 발견되나 참고로 試驗結果 및 相關關係를 推定 綜合하여 도표를 그리면 <그림-1>과 같다.

2) 風篩試驗에 의한 粒子群別 比表面積

각 試料의 風篩試驗分離에 의한 粒子群別 比表面積 試驗結果는 <表-5>와 같다.



<그림-1>

① 殘渣에 대한 比表面積

<表-5> 40 μ 以下 殘渣別 比表面積表

試料區分 \ 粒度分布	+10 μ (殘渣) (cm ² /g)	+20 μ (殘渣) (cm ² /g)	+30 μ (殘渣) (cm ² /g)	+40 μ (殘渣) (cm ² /g)
A	908	820	646	545
B	928	831	673	563
C	916	832	644	523

② 通過分에 대한 比表面積

40 micron 이하의 각 粒子 通過分の 比表面積은 ①項의 結果를 가지고 計算한 것이다.

<表-6> 40 micron 이하 通過分の 比表面積表

試料區分 \ 粒度區分	-15 μ (通過分) (cm ² /g)	-20 μ (通過分) (cm ² /g)	-30 μ (通過分) (cm ² /g)	-40 μ (通過分) (cm ² /g)
A	7,994	7,014	5,625	4,920
B	8,704	7,622	6,184	5,373
C	9,346	7,858	6,404	5,593

③ 計算에 의한 粒子 區分間의 比表面積

각 試料의 試驗結果에 의한 粒子區分間의 比表面積 計算結果는 <表-7>과 같다.

<表-7> 각 粒子 區分別 比表面積表

試料區分 \ 試料區分	試料 A (cm ² /g)	試料 B (cm ² /g)	試料 C (cm ² /g)
15~20	1,817	1,773	1,584
20~30	1,496	1,394	1,570
30~40	1,086	1,049	1,126
40~44	1,048	1,292	914
44~53	354	468	669
+53	239	314	229

註: 40~44 micron의 比表面積이 異常值를 나타내는 것은 試驗誤差에 기인하는 것으로 봄

이상 각 粒子 區分別 比表面積試驗 및 計算에 있어서 Blaine 試驗時의 補正問題, 試驗誤差 등은 고려하지 않았다.

IV. 試驗結果에 대한 綜合 및 檢討

이상 각 試料에 대한 試驗結果와 計算值를 綜合整理하면 <表-8>, <表-9>, <表-10>과 같다.

1. 粒度分布

① 44 micron 이상의 標準 체에 의한 체 試驗結果는 試料 B가 가장 높은 殘渣量을 나타내고 試料 C가 가장 작은 수치를 나타내고 있다.

② 40 μ 이하의 粒子에 대한 風篩試驗結果, 40 micron 이하의 微粒分에 있어서는 試料 A가 B보다 오히려 높은 殘渣量을 나타내는 相反되는 현상을 나타냄을 알 수 있다.

③ 따라서 試料 A와 C, 試料 B와 C는 44 μ 이상의 粒度分布와 40 μ 이하의 微粒分의 粒度分布가 일반적으로 비례한다고 할 수 있으나 試料 A와 C의 경우는 粒度組成이 相異함을 알 수 있다. 즉 試料 C는 極微粒分과 粗粒分이 共に 試料 A에 비하여 많고 粒度의 散布가 寬을 나타내고 있다.

<表-8>

試 料 A

項目 粒度區分	체질 풍사 시험결과 residue (%)	시료 1g 중 각 粒子 區分이 차지하는 비 표면적 (cm ²)	각 粒子 區分別 비 표면적 (cm ² /g)	Blaine 值 3161cm ² /g 을 이루는 각 입자 구분별 (%)	각 입자 區分別 비 표면적의 비 (%)
-15 μ	31.8	2,542	7,994	80.41	100.00
15~20 μ	6.0	109	1,817	3.45	4.29
20~30 μ	12.7	190	1,496	6.01	7.47
30~40 μ	9.3	101	1,086	3.20	3.97
40~44 μ	14.6	153	1,048	4.84	6.02
44~53 μ	8.9	31.5	354	1.00	1.24
+53 μ	16.7	39.9	239	1.26	1.57

<表-9>

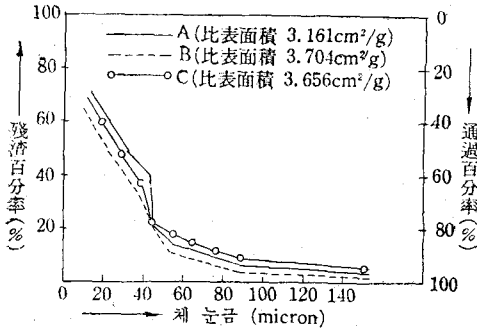
試 料 B

項目 粒度區分	체질 및 풍사 시험 결과, residue (%)	시료 1g 중 각 粒子 區分이 차지하는 비 표면적 (cm ²)	각 입자 區分別 비 표면적 (cm ² /g)	Blaine 值 3704cm ² /g 을 이루는 각 粒子 區分別 (%)	각 粒子 區分別 比表面積비 (%)
-15 μ	35.7	3,107	8,704	83.88	100.00
15~20 μ	6.6	117	1,773	3.16	3.77
20~30 μ	12.7	177	1,394	4.78	5.70
30~40 μ	10.3	108	1,049	2.92	3.48
40~44 μ	11.3	146	1,292	3.94	4.70
44~53 μ	9.5	44.5	468	1.20	1.43
+53 μ	13.9	43.6	314	1.18	1.40

<表-10>

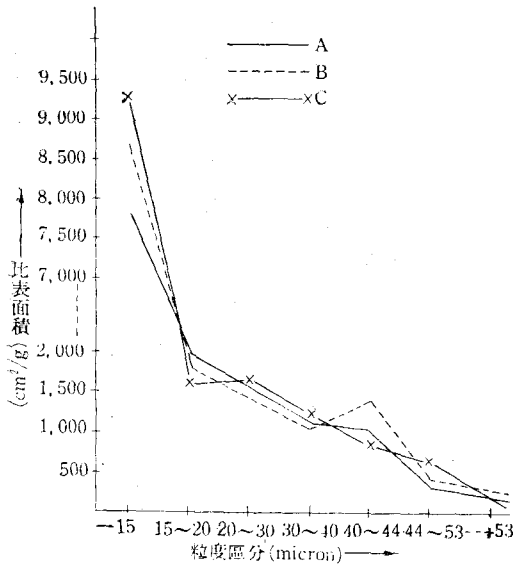
試 料 C

項目 粒度區分	체질 및 풍사 시험 결과, residue (%)	시료 1g 중 각 粒子 區分이 차지하는 비 표면적 (cm ²)	각 粒子 區分別 비 표면적 (cm ² /g)	Blaine 值 3656cm ² /g 을 이루는 각 粒子 區分別 (%)	각 粒子 區分別 比表面積비 (%)
-15 μ	32.5	3,037	9,346	83.07	100.00
15~20 μ	7.7	122	1,584	3.34	4.02
20~30 μ	12.1	190	1,570	5.20	6.26
30~40 μ	9.5	107	1,126	2.93	3.52
40~44 μ	12.8	117	914	3.20	3.85
44~53 μ	7.3	48.8	669	1.33	1.61
+53 μ	18.1	54.1	229	1.48	1.78



<그림-2> 粒度分布

2. 각 粒度區分別 比表面積

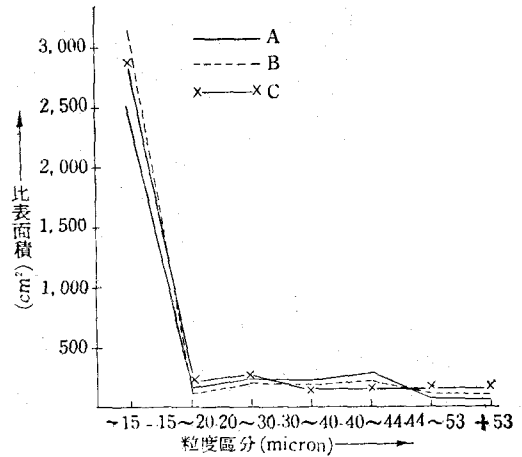


<그림-3>

① 체 시험 및 風篩試驗에 의한 각 粒度區分別 比表面積을 비교하여 볼 때 각 試料 共히 15 micron 通過分의 比表面積이 훨씬 높은 값을 나타내고 있다.

② 특히 試料 C의 15 micron 通過分이 試料 A와 C보다 높은 比表面積을 나타내는 것은 試料 C가 粒度分布가 넓게 퍼져 있어 고운 部分은 均등히 微粉碎된 反面 粗粒部分은 粗粒部分대로 分쇄가 거칠게 되었다는 것을 알 수 있다.

③ 따라서 15 micron 通過分이 試料의 比表面積을 형성하는 데 절대적인 비중을 차지하고 있으므로 試料 A보다 試料 C가 높은 比表面積을



<그림-4>

갖게 된다고 볼 수 있다.

3. 試料 1g 중 각 粒度區分別이 차지하는 比表面積

① 試料 B와 C에 있어서 15 micron 通過分이 전체 比表面積의 83% 정도를 차지하고 있으며 試料 A는 80% 정도를 차지하고 있다.

② 따라서 15 micron의 通過分의 含量과 通過分 자체의 比表面積에 따라 전체 比表面積이 크게 左右됨을 알 수 있다.

V. 結 言

일반적으로 粉體의 粒度分布는 理論上 Gauss의 正規分布를 한다고 볼 수 있겠으나 시멘트 粉體의 粒度分布는 投入 크링카의 상태, 粉碎工程上的 諸般條件 등으로 실질적으로는 매우 다양한 分布를 하고 있다.

물론 粉體工程이 잘 管理되고 있다고 하면 標準 체에 의한 체 시험과 比表面積 試驗만으로 粒度管理에 별다른 지장은 없겠지만 無選別式의 컴파트먼트 밀의 경우, 특히 投入 크링카의 不均一 등으로 粉碎工程의 管理가 어려울 경우는 40 micron 이하의 粒度分布의 파악, 각 粒子區分別 比表面積과의 相關關係, 微粉碎와 生産量 및 粗粒分과의 關係 등을 규명하고 크링카 粒度組成의 均一化를 도모하는 것은 시멘트 粉體의 粒度分布 파악과 粉碎工程의 管理에 매우 有益한 것으로 생각된다.

1. 40 micron 이하의 粒度分布 파악

標準 체 44 micron의 通過分이 일반적으로 70% 이상을 차지하고 있음은 물론 전체 粒子分布의 파악을 위해서도 40 micron 이하의 粒子分布 파악이 매우 중요시된다. 따라서 체 試驗에 있어서는 44 micron에 주목하여야 될 것이다.

2. 각 粒子區分과 比表面積

각 粒子區分別 比表面積 파악으로 微粒子에 대한 粉碎程度를 파악하고 그 原因을 규명하여야 될 것이다.

前述한 바와 같이 比表面積은 부분적인 微粉碎分 즉 15 micron 通過分에 절대적인 영향을 받으므로 比表面積은 粒度分布를 고려하여 檢討하여야 될 것이다.

3. 極微粉碎分과 生産量 및 粗粒分의 關係(無選別式 磨의 경우)

크링카의 一部分이 極微粉碎된다는 것은 그 자체만으로 생각할 때는 좋은 현상이라고 할 수 있겠으나 상대적으로 mill 内部에서의 極微粉碎分에 의한 剝削 작용 등으로 生産量 低下와 粗粒分의 증가를 招來함은 물론 粗粒子의 정도에 따

라서는 시멘트 粉體로서의 水和反應이 곤란하여 骨材로서의 역할을 한다고 가정할 때 더우기 부분적 極微粉碎의 原因을 제거하여 粒度의 散布를 감소시켜야 될 것이다.

4. 크링카 粒度管理

無選別式의 三室 컴파트먼트 磨의 경우 粉末度 管理는 주로 鋼球 및 실크로막스의 組成에 의존하고 있으나 작업상 適時의 鋼球組成 變경은 매우 어려운 실정이므로 bedding 原理에 의하여 投入 크링카를 충분히 혼합하여 크링카 粒度를 均一하게 管理하여야 될 것이다. 특히 粉狀 크링카 및 風化된 크링카 粉碎時에는 事前 크링카 粒度의 管理 및 이에 따른 鋼球組成의 對備 缺이는 比表面積 및 粒度分布를 만족스럽게 조절한다는 것은 불가능한 것으로 생각된다.

參 考 文 獻

- 1) 시멘트 技術年報(昭和 35年) 136P.
- 2) 新化學講座 중 粉體工業(森藝郎 著)
- 3) JIS R 5201-1964 및 日本 시멘트協會 標準試驗方法 (JCEAS K-01-1962)

》 近 着 外 國 圖 書 《

● CEMENT LIME AND GRAVEL, June 1972

- * Editorial: Another bandwagon?
- * The key to restoration-co-operation or nationalization? by A.D. Tunbridge
- * 2nd European study on quarrying activities
- * A new technique for the control of drying processes by F.C. Harbert
- * Sand and Gravel Association-Convention 1972
- * Concrete Society Award for Innovation
- * Trench-fill foundations cut housebuilding costs

● CEMENT LIME AND GRAVEL, July 1972

- * Editorial: C & CA 1971
- * Mechanized discharge of marine aggregate dredgers
- * Construction forecasts for 1972-74
- * Assessment of British mineral resources
- * Conference on the use of diamond tools in civil engineering
- * Rail distribution of construction aggregates in the US
- * Concrete 'island' for North Sea oilfield

● CEMENT LIME AND GRAVEL, August 1972

- * Editorial: Management of human resources
- * The aggregates industry in the 1970s-a political assessment by G. Graham Page
- * New processing plant for Canadian sand and gravel producer by George E. Toles
- * Concrete paving of Thirsk By-pass completed
- * Cement production in Norway

● CEMENT LIME AND GRAVEL,

September 1972

- * Editorial: Parks and people
- * The sand and gravel industry in France by R. Bourgeois
- * Advisory activities of the Cement & Concrete Association
- * Sand and gravel transportation in Ontario by Sheralyn E. Yundt
- * Publicatijons
- * A limestone operation in Nicaragua by A. A.C. Brewis