

86 시멘트 品質管理白書

朴 鍾 璇

〈韓國洋灰工業協會技術開發部次長〉

1. 序 論

協會는 지난 81년 이후 시멘트品質試驗을 실험에 있어 試料選定을 市中品과 工場品으로 나누어 시중품은 年2回 業界 9個工場에서 共同試驗하고 工場品에 대해서는 年1回 國立工業試驗院에 의뢰 실시하여 왔다.

이같은 시멘트品質試驗 결과는 곧 會員社에 통보되어 會員會社로 하여금 품질향상을 期하는데 유용한 자료로 적극 활용토록함과 동시에 協會는 이를 종합분석하여 品質管理業務의 중요한 참고자료로 활용하고 있다.

그러나 協會의 이같은 品質管理業務의 일환으로 실시하여 오던 시멘트品質試驗도 85년 이후 工業振興廳 當局의 KS 製品에 대한 事後管理 政策이 業界 자율적인 管理體制로 전환됨에 따라 今年으로서 중지되고 明年부터는 協會內에 既構成된 바 있는 KS 事後管理協議會에서 年2回 市中品을 수거하여 國立工業試驗院에 시험의뢰하는 것으로 같음하게 되었다.

그밖에 協會에서는 磷酸精製石膏와 原紙 및 紙袋品質試驗을 정기적으로 실시하고 있다.

石膏品質試驗은 年2回 서울근교 시멘트工場에서 시료를 채취, 關聯試驗所에 의뢰하고 있으며, 同 試驗結果 또한 製造業體와 會員會社에 알려 품질을 관리하고 있다. 그간의 試驗結果에 의하면 石膏의 化學成分은 基準値에 대하여 별 문제가 없으나 粒子狀態는 KS의 下限値를 초과

하는 경우가 있을 뿐만 아니라 특히 輸送도중비를 맞을 경우 덩어리가 형성되어 原料投入量 조절에 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서 아직도 덩개가 없는 상태로 運送되고 있는 鐵道輸送만큼은 石膏 자체의 品質低下防止와 시멘트 品質維持를 위해 하루빨리 개선되어야 할 과제이다.

반면 包裝시멘트用 紙袋 및 原紙의 品質試驗은 분기별로 실시하되 原紙는 각 原紙生産工場에서 직접 무작위 채취하고 紙袋는 각 시멘트工場에 既 納品된 製品中에서 채취하여 關聯試驗所에 의뢰하고 있다. 시험결과는 역시 제조업체와 會員會社에 통보되어 품질을 철저히 관리하고 있다.

시멘트는 大氣中の 水分 또는 습한 空氣와 접촉할 경우 일부 水和反應을 일으켜 품질의 저하를 가져온다. 또한 시멘트는 重量物로서 運搬, 貯藏에 있어서 취급을 소홀히 할 경우 破袋發生率이 대단히 높아 내용물의 유실은 물론 再包裝過程에 있어서 空氣의 流入으로 減量될 뿐 아니라 品質低下, 環境汚染 등 많은 문제점이 야기될 수 있다.

이같은 측면에서 시멘트 包裝用 紙袋의 品質은 시멘트 자체의 品質管理 못지않게 시멘트 品質을 최후까지 보장하는데 있어서 대단히 중요하기 때문에 앞으로 더욱 철저히 강력하게 관리되어야 할 것이다. 그동안의 시험결과로는 漸次的으로 不合格率이 낮아지고 會社間的 品質水準 隔差가 좁아지고 있다.

本稿에서는 協會가 추진해 온 시멘트品質管理

業務와 함께 綜合分析된 시멘트品質試驗 결과 및 지난 10월 28일자로 개정 고시된 KS規格의 주요내용을 중심으로 우리나라 시멘트의 品質側面을 정리해 보고자 한다.

2. 시멘트 KS 規格內容

각국은 國家規格이든 團體規格이든 간에 시멘트 品質를 規制·管理하는 規格(Standard)을 가지고 있다. 오늘날 시멘트 規格의 主軸을 이루고 있는 國際規格은 BS (英國)를 비롯해서 DIN (西獨), ASTM(美國), NF (프랑스), JIS (日本) 등이 있으며 이것들이 國際市場에서 시멘트 品質를 보장하는 基本標準이 되고 있다.

지난 62년에 制定된 바 있는 시멘트 KS(Korean Standard)規格은 83년 규격개정을 계기로 美國規格과 동일한 수준까지 上向調整됨으로써 명실공히 國際規格으로서의 면모를 갖추게 되었다. 그러나 시멘트 KS規格이 美國規格을 그대로 準用하고 있는 것은 무조건 國際規格을 추종하고 있는 듯한 인상이 짙을 뿐 아니라 그 내용에 있어서도 國內需要와 海外輸出을 위하여 이미 生産되고 있는 耐黃酸鹽시멘트와 品質維持에 절대적인 영향을 끼치는 알칼리 成分規制에 대한 規格을 制定하지 않았다는 것도 KS規格의 獨自性和 規格의 完壁性이 缺如되었음은 물론 規格의 獨自的인 國際化 추세에 부합되지 못하고 있다 하겠다.

더우기 83년 개정시 規格을 美國水準으로 끌어올린데 반하여 내용에 있어서 A, B의 두 가지 優劣等級을 두었다는 것은 規格上向調整의 효과를 오히려 半減시키는 결과가 초래될 수도 있었다. 실제 國內需要家は 물론 海外 바이어와 輸出商談의 경우 規格의 2元化를 설명하는데 적지않은 어려움을 겪은 바 있다. 시멘트 KS規格은 마침내 工振廳當局의 規格國際化和 品質의 高級化施策에 의거 86년 10월 28일자로 개정 고시되었다.

그동안 시멘트규격개정 작업은 지난 85년 하반기 이후 韓國工業標準協會와 工振廳 그리고 業界 및 協會와의 긴밀한 협조 아래 추진되어 왔는데 바 美國規格만이 아니라 世界主要 先進國規格들을 根幹으로 충분히 검토한 끝에 다수의 공동규

정치를 좇아 補完 개정되었다고 사료된다.

금번 개정 고시된 시멘트 KS規格 主要內容을 살펴보면 다음과 같다.

- A, B級 구분 중 B級을 삭제함으로써 실질적인 品質向上을 적극 유도하였다.
- 포틀랜드 시멘트 종류를 美國規格과 동일하게 분류한 반면 지금까지 規格化되어 있지 않은 4·5種 시멘트를 美國規格基準으로 추가 규정하였다.

• 先進國(BS, ASTM, DIN, NF, JIS)의 Option 규정과 같이 수요자 요구시 알칼리 함량을 0.6% 이하로 規制하고 있는 種類別 低알칼리 시멘트를 附屬書로 별도 규정하였다.

• 壓縮強度에 있어서 初期強度(3·7日)는 끝자리를 올림으로써 美國規格과 동일한 數値를 피하였고 28日 強度는 현행 규정치 282 kgf/cm² 이상에서 290kgf/cm² 이상으로 上向調整하였는데 이는 시멘트 製造時 350kgf/cm²에 맞추어 작업하고 있기 때문에 실제 유통상 遲延에 따른 壓縮強度 散布를 감안하더라도 300kgf/cm²이하는 떨어지지 않으나 工場別 製造作業上的 偏差를 고려한 것이다.

이상과 같이 현행 시멘트 KS規格은 금번 개정으로 인하여 선진국 規格 못지않게 世界市場에서 品質를 보장받을 수 있는 規格으로 발전하게 되었다.

3. 시멘트의 成分

시멘트 規格은 편의상 시멘트 品質에 대하여 化學成分과 物理性能의 두 가지 항목으로 나누어 규정하고 있다.

1) 化學成分

시멘트의 化學成分은 주로 SiO₂, Al₂O₃, CaO, Fe₂O₃, MgO, SO₃ 등으로 구성되어 있으나 시멘트 規格에서는 MgO, SO₃, Ig. loss를 공통적으로 規制하고 있고 다만 2種시멘트에서는 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃를 추가로 규정하고 있다.

시멘트 중에 마그네시아(MgO)나 삼산화황(SO₃)이 과다하게 함유되어 있으면 팽창으로 인한 龜裂, 強度低下의 원인이 되므로 시멘트規格에서는 MgO를 5% 이하, SO₃는 포틀랜드 시

各國 포틀랜드 시멘트 規格比較

<表-1>

種 類	項 目 規格名	化 學 成 分 (%)			物 理 性 能					
		MgO	SO ₃	알칼리 ²⁾ (Na ₂ O 환산)	Blaine (cm ² /g)	安定度 (%)	壓 縮 強 度 (kgf/cm ²)			
							3 日	7 日	28 日	備 考
1 種 (普通)	KS	5.0	C ₃ A ≤ 8% : 3.0 C ₃ A > 8% : 3.5	0.6	2,800	0.8	130	200	290 ¹⁾	
	ASTM	6.0	(上同)	0.6	2,800	0.8	127	197	281	
	BS	4.0	C ₃ A ≤ 5% : 2.5 C ₃ A ≥ 5% : 3.0	0.6	2,250	10 mm	235	-	418	
	JIS	5.0	3.0	0.6	2,500	-	70	150	300	
2 種 (中庸熱)	KS	5.0	3.0	0.6	2,800	0.8	110	180	285	
	ASTM	6.0	3.0	0.6	2,800	0.8	105	175	281	
	JIS	5.0	3.0	0.6	2,500	-	50	100	230	
3 種 (早 強)	KS	5.0	C ₃ A ≤ 8% : 3.5 C ₃ A > 8% : 3.0	0.6	3,300	0.8	130(舊) 250	280	310	
	ASTM	6.0	(上同)	0.6	-	0.8	127(舊) 246	-	-	
	BS	4.0	C ₃ A ≤ 5% : 3.0 C ₃ A > 5% : 2.5	0.6	3,250	10 mm	296	-	469	
	JIS	5.0	3.5	0.6	3,300	-	65(舊) 130	230	330	
4 種 (低 熱)	KS	5.0	2.3	0.6	2,800	0.8	-	75	180	
	ASTM	6.0	2.3	0.6	2,800	0.8	-	70	175	
	BS	4.0	2.5	0.6	2,750	10 mm	102	-	286	
	JIS	-	-	-	-	-	-	-	-	
5 種 (耐黃酸鹽)	KS	5.0	2.3	0.6	2,800	0.8	90	160	210	
	ASTM	6.0	2.3	0.6	2,800	0.8	85	155	211	
	BS	4.0	3.0	0.6	2,500	10 mm	204	-	398	
	JIS	5.0	3.0	0.6	2,500	-	70	140	280	

註 : 1) 포장시멘트의 28日, 무포장 시멘트의 7日·28日 強度는 수요자가 요구하지 않을 때에는省略할 수 있음.

2) 各種 포틀랜드 시멘트의 저알칼리형은 附屬書에 규정(需要者 選擇).

멘트 5% 이하, 高爐시멘트는 4% 이하로 각각 規制하고 있다.

또한 알칼리(Na₂O, K₂O)는 시멘트 原料(石灰石, 粘土) 특성에 따라 含量值가 달라질 수 있는 성분으로서 과다하면 실리카質骨材와 反應, 過膨脹 龜裂이 발생함은 물론 鐵筋腐蝕 등의 문제가 발생되기 때문에 우리나라를 비롯한 世界 여러 나라에서 低알칼리型 시멘트를 별도의 附屬書로서 最大許用值 0.6% (Na₂O 換算值)로 規定하

고 있다.

그동안 協會에서 실시하여 온 바 있는 品質試驗 結果에 의하면 國內시멘트에서는 MgO가 2.6 ~ 3.2% 범위에 있으며 알칼리는 Na₂O로 換算해서 0.85% 수준에 있어 日本의 0.6% 수준에 비해 다소 높은 것으로 나타났다.

이처럼 우리나라 시멘트가 MgO와 알칼리 함량이 높은 이유는 主原料인 石灰石에 돌로마이트가 많이 섞여 있고, 國內鑛山 전반에 걸쳐 長

石質 성분이 넓게 分布되어 있기 때문이다.

石灰石은 시멘트 製造나 品質面에서 至大한 影響을 끼치게 되는데 國內 石灰石鑛山은 그 鑛物狀이 無機堆積, 再結晶化된 弛밀결정질로서(古生代 前期) 被粉碎性이 不良하여 品位가 낮은 반면 가까운 日本은 有機堆積된 非晶質로서(古生代 後期~中生代) 被粉碎性이 양호하며 品位도 높다. 그러나 이같은 石灰石, 粘土등의 原料가 品位面에서 MgO 및 알칼리 成分이 다소 높고 被粉碎性不良 등의 脆弱點을 지니고는 있으나 시멘트品質面에서는 크게 문제시될 것이 없다.

2) 物理性能

세계 각국의 시멘트 규격은 粉末度, 凝結時間, 安定度, 水和熱, 強度와 같은 시멘트의 物理性 日本과의 比較

<表-2> (%)

	石灰石品位 (CaO)	MgO	알칼리	SO ₃
韓國	48-51	2.6-3.2	0.85	2.2
日本	53-55	0.8-1.1	0.60	2.1

能을 규정하고 있다. 이같은 시멘트의 특성이 과거에는 시멘트 전반에 걸쳐 품질의 優劣을 판단하는 기준이 되어왔기 때문에 시멘트品質을 논할 때마다 중요시 된다. 그러나 제조설비와 生産技術이 고도로 발달되어 있는 오늘날 모든 제품이 規格値를 훨씬 上廻하고 있어 더이상 시멘트品質에 대한 標準値가 되지 못하고 있는 실정이다. 시멘트 物理性能中 가장 중요한 항목은 壓縮強度라고 할 수 있다. 이 強度가 오늘날에 와서는 消費者의 要求 수준을 충분히 만족시키고 있지만 오히려 수준을 훨씬 초과하는 強度는 品質管理側面에서 逆效果를 가져올 수도 있는 것이므로 強度의 高低만으로 品質을 같음한다는 것은 合理性의 缺如라 할 수 있다. 그러나 아직도 일부에서 단순히 규격에 규정되어 있는 強度數値만을 비교하여 시멘트 품질의 優劣을 판단하는 경향이 있음은 간과할 수 없는 일이다.

예를 들면 우리나라 KS 規格에 명시되어 있는 普通포틀랜드 시멘트의 28日 強度는 290 kgf/cm² 이상으로 되어 있는데 대하여 日本은 300 kgf/cm², 英國은 418 kgf/cm² 이상으로 되어

化學分析 結果

<表-3>

(%)

年度		81	82	83	84	85	86
項目	市 中 品						
	工 場 品						
SiO ₂	市 中 品	21.8	21.6	21.4	21.3	21.5	21.3
	工 場 品	20.0	20.2	20.2	20.0	19.8	
Al ₂ O ₃	市 中 品	5.98	6.05	5.71	5.85	5.79	5.70
	工 場 品	6.51	6.95	6.49	6.13	6.67	
Fe ₂ O ₃	市 中 品	3.43	3.27	3.40	3.25	3.19	3.30
	工 場 品	3.70	3.20	3.30	3.50	3.40	
CaO	市 中 品	61.3	61.3	61.9	61.6	61.4	61.9
	工 場 品	62.3	61.9	62.3	61.9	62.0	
알칼리 (Na ₂ O 환산)	市 中 品	0.91	0.89	0.85	0.86	0.81	0.85
	工 場 品						
MgO	市 中 品	2.87	2.70	3.00	3.03	3.16	2.91
	工 場 品	3.60	2.80	3.10	3.20	2.60	
SO ₃	市 中 品	2.22	2.31	2.23	2.39	2.25	2.25
	工 場 品	2.20	2.20	2.20	2.40	2.30	
강열감량	市 中 品	1.11	1.29	1.12	1.24	1.26	1.33
	工 場 品	1.4	1.2	1.0	1.1	1.1	

物理性能 試驗結果

〈表-4〉

項 目		年 度		81	82	83	84	85	86
		市 中 品	工 場 品						
粉 末 度 Blaine (cm ² /g)	市 中 品			3,134	3,168	3,214	3,276	3,318	3,296
	工 場 品			3,060	3,253	3,123	3,306	3,401	
安 定 度 (%)	市 中 品			0.13	0.14	0.14	0.11	0.13	0.12
	工 場 品					0.06	0.08		
凝 結 時 間 (Gillmore)	初 結 (分)	市 中 品		254	236	295	265	240	249
		工 場 品		284	325	251	274	237	
	終 結 (時 間)	市 中 品		6:21	7:05	7:18	6:33	6:06	6:31
		工 場 品		6:37	7:44	6:21	6:34	5:45	
壓 縮 強 度 (kg f/cm ²)	3 日	市 中 品		147	155	175	185	186	185
		工 場 品		207	175	197	210	203	
	7 日	市 中 品		212	219	249	255	255	249
		工 場 品		286	269	281	308	285	
	28 日	市 中 品		301	301	332	339	334	333
		工 場 品		370	382	345	394	355	

規格의 換算值

〈表-5〉 (kgf/cm²)

	韓 國	日 本		英 國	
	KS	JIS	換算值	BS	換算值
3 日	130	70	84	235	133
7 日	200	150	167	-	-
28 日	290	300	288	418	273

있어 우리나라 시멘트品質이 이들과 비교해서 우수하지 못하다고 판단하는 경향이 있으나 모든 規格値는 시험조건 및 시험방법에 따라 큰 차이가 있는 것으로서 이들 규격으로 실제수준을 정확히 비교해 보려면 시험데이터에 의해 換算 對比하여야 한다. 참고로 84년 日本시멘트協會에서 실시한 바 있는 자료를 근거로 하여 日本(JIS)과 英國(BS)의 強度規格値를 KS 規格으로 환산하여 보면 〈表-5〉와 같다.

4. 結 論

이상과 같이 시멘트품질과 試驗方法을 표준화함으로써 품질의 개선, 生産의 合理化 도모를 목적으로 制定된 시멘트規格과 協會에서 실시하여온 시멘트品質試驗 結果를 중심으로 시멘트原料成分 및 品質特性을 概略的으로 검토하여

보았다. 결론적으로 오늘날 시멘트의 品質은 原料調合에 있어서나 粉碎·燒成工程에 있어서 모든 시설이 自動制御시스템으로 전환하였을 뿐만 아니라 生産技術의 발달로 인하여 현저하게 향상되었다고 하겠다.

더우기 최근에 와서는 사용목적과 施工方法에 맞춰 性質이 다른 품질의 시멘트를 생산하고 있는 실정으로서 시멘트製品 자체로서의 품질만큼은 시멘트 生産國 구분없이 世界的으로 공인되고 보장되어 있다고 볼 수 있다.

그러나 우리가 쉽게 넘길 수 없는 중요한 사항은 시멘트製品이 아무리 우수한 良質의 품질을 가지고 있다해도 長期貯藏時的 보관을 소홀히 한다든지 또는 콘크리트 施工時 시멘트와 混合한 자갈, 모래, 물의 性質과 이들의 配合比, 施工方法, 施工前後의 처리 등을 잘못할 경우 構築物의 性狀이 크게 달라진다는 것을 알아야 할 것이다.

즉 우수한 품질의 시멘트를 사용하여도 시공이 잘못되면 低品質의 시멘트로서 시공이 良好한 경우보다 構築物이 더 나쁘게 되는 결과를 초래한다는 사실은 製造業者나 사용자가 다같이 염두에 두어야 할 것이다. ♣