

시멘트의貯藏이 시멘트의 風化에 미치는 影響에 關하여

The Effect on Cement Weathering by Its Storage

李 東 榮*
Tong Yeong Lec

I 머리말

第二次 經濟開發 5 年 計劃에 의하여 全天候 農業 用水源 開發事業을 비롯한 各種 土木工事가 活潑히 進歩 되어 가고 있는데 對하여는 慶賀하여 마지 않는 바이다. 그 中에서도 土木構造物의 많은 部分을 찾아하고 있는 콘크리트 水利構造物의 築造에 있어서는 施工의 技術 向上과 優秀한 裝備의 稼動으로 因하여 良好한 品質의 콘크리트가 만들어진다고 思料되는바이다. 그러나 콘크리트에 있어서 가장 重要한 要素의 하나이며 結合材로 가장 重要한 位置를 占하고 있는 시멘트가 長期間 不適當하게 工事現場 附近에 貯藏되는 例가 許多하다. 本文에 있어서는 시멘트의 長期間 貯藏에서 오는 風化의 程度를 把握하고자 小試驗을 施行하였다. 시멘트의 風化에 對하여서는 이때까지 많은 研究가 外國에서 實施되어 왔으나 이들의 研究는 시멘트를 特定한 場所에 貯藏하거나 或은 시멘트를 薄層으로 만들어 強制的으로 風化시킨 경우에 對한 시멘트의 品質變化를 對象으로 한것이 많다. 風化에 依한 시멘트의 品質變化는 貯藏條件이나 시멘트의 性質等에 따라 相異하다는 것은 이때까지의 諸研究에 依해서 明確하게 알려져 있다. 이에 本 試驗에 있어서는 現在 國內에서 生産 販賣되고 있는 五種의 普通 포틀랜드 시멘트에 對하여 工事現場 倉庫에서의 長期間貯藏에서 오는 시멘트의 風化狀況을 材齡 7 日, 28 日, 91 日의 물탈의 壓縮強度 및 引張強度試驗을 通하여 이의 風化의 程度를 觀察 및 試驗을 施行하였다.

<表-1>

原시멘트의 化學成分

시멘트의 種類	商標	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	lg. loss
普通포틀랜드시멘트	D ₁	21.25	6.08	3.15	62.4	2.15	2.45	2.32
" "	D ₂	21.96	5.11	4.35	62.76	1.09	2.27	1.61
" "	D ₃	26.0	6.85	3.21	56.3	1.97	2.15	1.91
" "	D ₄	21.28	5.75	3.06	64.01	1.81	2.05	1.26
" "	D ₅	20.72	6.85	3.47	62.20	2.68	2.34	0.95

* 筆者 農業土木研究室

II 試驗方法

1. 시멘트의 貯藏方法

各 生産工場에서 採取된 7~10 袋의 시멘트를 試驗室內에 設置된 地上 30cm의 마루에 各 生産工場別로 7~10 袋式을 쌓아 올려서 貯藏한 後 貯藏期日에 따른 風化의 程度를 把握코자 上層으로부터 차례로 1 袋式을 試驗用 試料로서 採取 使用하였다. 本 試驗에 있어서는 生産工場에서 採取된지 30 日 經過된 시멘트를 原시멘트로 삼았으며 그後 每 1 個月마다 貯藏된 시멘트를 上層으로부터 차례로 1 袋式 試料를 採取 使用하였다.

2. 시멘트의 減熱減量의 變化

試驗室內에 貯藏된 各 시멘트의 貯藏期日과 시멘트의 減熱減量과의 關係를 把握키 위하여 所要試驗을 施行하였으며 減熱減量의 試驗은 KSL-5120 에 準하여 施行하였다.

3. 물탈強度의 變化

試驗室內에 貯藏된 시멘트를 6 個月동안에 걸쳐 上部로부터 차례로 試料를 採取하여 그의 風化狀況을 物탈의 壓縮 및 引張強度試驗에 依하여 比較 檢討하였으며 물탈에 依한 壓縮 및 引張強度試驗方法은 KSL-5104 및 KSL-5105 에 準하여 施行하였다.

III 使用材料 및 配合

1. 使用材料

試驗에 使用한 材料는 다음과 같다.

가. 시멘트의 種類 및 品質

本 試驗에 使用한 시멘트의 種類와 化學成分 및 物理的 性質은 <表-1> 및 <表-2> 와 같다.

<表-2>

원시멘트의 物理的性質

시멘트 種	의 類	商 標	比 重	粉 末 度 (%)	凝 結			安 定 性	引張強度(kg/cm ²)			備 考	
					水 量 (%)	始 發 (分)	終 結 (時)(分)		7 日	28 日	7 日		28 日
普通	포틀랜드	시멘트	D ₁	3.10	6.0	27	170	4.-00	良好	29.2	32.0	310	535
"	"	"	D ₂	3.10	6.5	28	185	4.-00	"	31.80	35.50	360	540
"	"	"	D ₃	3.08	6.0	28	180	4.-30	"	25.2	32.1	285	392
"	"	"	D ₄	3.08	6.5	28	100	3.-30	"	29.5	33.0	371	482
"	"	"	D ₅	3.11	5.8	27	100	3.-00	"	30.0	32.5	301	395

나. 細骨材의 品質 및 粒度 出되는 모래를 使用하였으며 그의 品質과 粒度는 <表-3> 및 <表-4> 와 같다.

<表-3>

모래의 品質

試驗 種 目	比 重	吸 水 率 (%)	比 重 量 (g/m ³)	200 番 篩 通 過 量 (%)	安 定 性 (%)	有 機 不 純 物	備 考
試驗 結果	2.63	0.7	1.601	0.2	0.9	良好	한

<表-4>

모래의 粒度

試驗 種 類	篩 番 號				
	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
壓 縮 強 度 試 驗 用	—	50	70	100	—
引 張 強 度 試 驗 用	—	—	100	—	—

2. 配合

試驗에 使用된 物料 配合는 重量比가 1:2가 되며 原시멘트에 있어서 Flow의 값을 210±5가 되게 물을 使用하였으며 그 配合는 <表-5> 와 같다.

<表-5>

配 合

시멘트의 種類 商標	Flow 值	配 合			備 考
		시멘트 (gr)	물 (gr)	모래 (gr)	
普通 포틀랜드 시멘트	D ₁ 210±5	1.500	750	3.000	
"	D ₂ "	"	680	"	
"	D ₃ "	"	690	"	
"	D ₄ "	"	700	"	
"	D ₅ "	"	720	"	

Ⅳ 供試體의 製作과 養生 및 強度試驗

물탈의 壓縮 및 引張強度試驗用 供試體의 製作과 養生 및 強度試驗은 KSL-5104와 KSL-5105에 準하여 施行하였고 供試體의 製作은 每 시멘트 마다 7회에 걸쳐 製作하였으며 工場에서 採取된 자 30日제 된것을 原시멘트로 取하고 以後 每 1個月마다 차례로 上部로부터 貯藏된 시멘트를 採取하여 試驗用 試料로 하였다. 이때 使用된 물의 量은 Flow值가 210±5가 되게 하였다.

Ⅴ 試驗結果

1. 시멘트의 貯藏과 減熱減量의 變化

시멘트의 貯藏日數에 따른 減熱減量의 試驗結果는 <表-6> 과 같다.

<表-6>

減 熱 減 量 의 變 化

시멘트 品 目	貯藏 日 數						備 考
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅		
原 始 原 料	2.33	1.65	1.90	1.25	9.99		
	2.30	1.58	1.94	1.27	10.90		
	2.32	1.62	1.90	1.26	10.03		

30 日	2.73	2.05	2.52	1.88	1.14
	2.71	2.04	2.62	1.90	1.13
	2.70	2.03	2.62	1.88	1.13
60 日	2.78	2.10	3.32	2.96	2.16
	2.77	2.10	3.23	2.96	2.15
	2.76	2.10	3.25	2.97	2.15
90 日	2.93	2.40	3.45	2.39	2.64
	2.94	2.40	3.46	2.37	2.62
	2.96	2.39	3.47	2.36	2.60
120 日	3.21	3.24	3.98	2.84	—
	3.23	3.21	3.97	2.84	—
	3.25	3.18	3.96	2.84	—
150 日	3.38	3.69	4.45	3.18	4.70
	3.39	3.69	4.47	3.19	4.72
	3.40	3.69	4.43	3.20	4.74
180 日	4.34	4.24	5.00	3.57	5.77
	4.33	4.18	5.10	3.61	5.77
	4.33	4.21	5.20	3.59	5.77

2. 시멘트의 貯藏日數에 依한 몰탈의 強度

시멘트의 貯藏日數에 依하는 몰탈의 引張 및 壓縮 強度의 試驗結果는 <表 7-1> ~ <表 11-2> 와 같다. 表中의 強度試驗結果의 같은 3~5 個의 供試體에 對한 平均値이다.

<表-7-1> D₁시멘트의 引張強度試驗 結果

貯藏日數	種目		引張強度 (kg/cm ²)			強度比 (%)			備考
	7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日			
原시멘트	28.4	30.3	34.4	100	100	100			
30 日	26.8	27.3	30.8	94	90	89			
60 日	26.4	26.7	28.3	93	88	84			
90 日	23.3	23.8	26.3	82	78	76			
120 日	22.4	22.7	25.0	79	74	73			
150 日	21.0	22.3	24.3	74	75	71			
180 日	17.0	21.0	23.8	60	69	69			

<表-7-2> D₁시멘트의 壓縮強度試驗 結果

貯藏日數	種目		壓縮強度 (kg/cm ²)			強度比 (%)			備考
	7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日			
原시멘트	310	520	569	100	100	100			
30 日	277	453	560	89	87	98			
60 日	262	428	500	85	82	88			
90 日	245	356	439	79	68	77			
120 日	202	340	408	65	65	72			
150 日	—	—	—	—	—	—			
180 日	182	266	372	59	51	65			

<表-8-1> D₂시멘트의 引張強度試驗 結果

貯藏日數	種目		引張強度 (kg/cm ²)			強度比 (%)			備考
	7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日			
原시멘트	31.20	34.3	36.9	100	100	100			
30 日	29.40	31.5	31.0	94	92	84			
60 日	28.00	28.8	29.7	90	84	80			
90 日	25.9	28.7	28.8	83	84	78			
120 日	22.1	24.9	28.0	71	73	76			
150 日	21.40	24.5	27.2	69	71	74			
180 日	21.00	24.1	27.0	67	70	73			

<表-8-2> D₂시멘트의 壓縮強度試驗 結果

貯藏日數	種目		壓縮強度 (kg/cm ²)			強度比 (%)			備考
	7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日			
原시멘트	360	517	500	100	100	100			
30 日	352	489	596	98	95	99			
60 日	338	487	566	94	94	94			
90 日	300	470	516	83	91	86			
120 日	280	438	508	78	85	85			
150 日	272	421	445	76	81	74			
180 日	240	371	410	67	72	68			

<表-9-1> D₃시멘트의 引張強度試驗 結果

貯藏日數	種目		引張強度 (kg/cm ²)			強度比 (%)			備考
	7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日			
原시멘트	23.8	31.1	32.2	100	100	100			

30 日	23.1	29.2	29.4	97	94	91
60 日	21.5	27.4	28.5	90	88	88
90 日	18.9	26.1	28.0	79	84	87
120 日	17.0	21.5	27.2	72	69	84
150 日	15.7	21.0	24.2	68	67	75
180 日	14.3	20.5	23.3	60	66	72

<表-9-2> D₁시멘트의 壓縮強度試驗 結果

種目	壓縮強度 (kg/cm ²) 強度比 (%)						備 考
	7 日			28 日			
原시멘트	268	366	391	100	100	100	
30 日	265	353	368	99	96	94	
60 日	248	322	344	93	88	88	
90 日	208	320	326	78	87	83	
120 日	158	247	308	59	67	79	
150 日	152	210	261	57	57	67	
180 日	144	209	223	54	57	57	

<表-10-1> D₁시멘트의 引張強度試驗 結果

種目	引張強度 (kg/cm ²) 強度比 (%)						備 考
	7 日			28 日			
原시멘트	27.3	30.8	36.1	100	100	100	
30 日	26.6	29.5	35.2	98	96	98	
60 日	25.9	27.7	34.6	95	90	96	
90 日	23.8	24.8	32.9	87	81	91	
120 日	22.6	23.5	30.1	84	76	83	
150 日	20.7	21.9	25.8	76	71	71	
180 日	19.1	19.9	24.1	70	65	67	

<表-10-2> D₁시멘트의 壓縮強度試驗 結果

種目	壓縮強度 (kg/cm ²) 強度比 (%)						備 考
	7 日			28 日			
原시멘트	366	454	510	100	100	100	
30 日	360	383	502	98	84	98	
60 日	356	370	501	97	82	98	
90 日	320	366	446	88	81	87	
120 日	293	358	440	80	79	86	
150 日	266	347	400	73	76	78	
180 日	234	308	366	64	68	72	

<表-11-1> D₁시멘트의 引張強度試驗 結果

種目	引張強度 (kg/cm ²) 強度比 (%)						備 考
	7 日			28 日			
原시멘트	28.0	31.2	36.0	100	100	100	
30 日	26.8	28.4	33.4	96	91	93	
60 日	25.4	27.5	32.6	91	88	88	
90 日	24.5	26.8	29.4	88	86	82	

120 日	22.4	24.9	26.6	80	80	74
150 日	21.0	24.1	25.4	75	77	71
180 日	18.9	20.2	24.3	68	65	69

<表-11-2> D₁시멘트의 壓縮強度試驗 結果

種目	壓縮強度 (kg/cm ²) 強度比 (%)						備 考
	7 日			28 日			
原시멘트	290	357	440	100	100	100	
30 日	267	341	420	92	95	95	
60 日	263	338	410	91	93	93	
90 日	259	328	390	89	92	89	
120 日	224	320	365	77	90	83	
150 日	195	319	343	67	89	78	
180 日	172	216	327	60	61	74	

VI 試驗結果에 對한 考察

1. 시멘트의 貯藏期日과 ig, loss

<表-6>에서 보는 바와 같이 시멘트의 生産者別로 各기 다른 結果를 나타내고 있지만 一般적으로 貯藏日數 120 日로 부터 (實際에 있어서는 生産日로 부터 150 日) Ig, loss의 量이 3% 以上을 보여주고 있다. 이는 韓國工業規格 KSL-5201에 明示된 普通포틀랜드 시멘트의 化學成分 Ig, loss의 標準量을 上廻하는 量이 된다.

그리고 貯藏期日이 長期化함에 따라 ig, loss도 같이 增加한다. 특히 D₁시멘트에 있어서는 120 日로 부터 Ig, loss가 急激히 增加하는 現象을 보여주고 있다. Ig, loss의 急激한 增加는 微粉末의 시멘트일 수록 그 現象이 顯著하다.

2. 시멘트의 貯藏期日과 強度

<表-7-1> ~ <表-11-2>에서 보는 바와 같이 貯藏期間의 經過에 따라서 強度는 低下되고 있으며 이 傾向은 短期強度에 있어서 많은 強度低下率을 나타내고 있다.

即 <表-7-1> ~ <表-11-2>에서 壓縮強度의 結果에 對하여 考察하여 본다면 貯藏日數 60 日에 있어서 (實際로는 90 日貯藏) 材齡 28 日에 있어서의 壓縮強度는 原시멘트에 比하여 D₁시멘트가 18%, D₂=6%, D₃=12%, D₄=18%, D₅=7%의 強度低下率을 보이고 있으나 材齡 91 日에 있어서는 D₁시멘트가 12%, D₂=6%, D₃=12%, D₄=2%, D₅=7%의 強度低下率을 보이고 있다.

貯藏日數 180 日에 있어서는 (實際로는 210 日貯藏) 材齡 28 日에서의 壓縮強度는 原시멘트에 比하여 D₁시멘트가 49%, D₂=28%, D₃=43%, D₄=32%, D₅=39%

의 低下率을 보이고 있으나 材齡 91 日에서는 D_1 시멘트가 35%, $D_2=32\%$, $D_3=43\%$, $D_4=28\%$, $D_5=26\%$ 의 強度低下率을 보이고 있다.

以上の 結果로서 시멘트의 品種에 따라 各樣 다른 強度의 結果를 보이고 있지만 原시멘트에 比하여 貯藏 日數 180 日(實際로는 210 日貯藏)되는 시멘트는 材齡 28 日의 壓縮強度에 있어 28~49%, 材齡 91 日에서의 壓縮強度는 26~43%의 強度低下率을 보이고 있다.

이런 點으로 보아 시멘트의 貯藏에 對하여는 格別한 注意가 要한다고 하겠다.

Ⅶ 結 論

以上の 結果는 限定된 貯藏場所에서 限定된 시멘트와 供試體에서 얻어진 것으로서 시멘트의 貯藏과 試驗 方法에 많은 未備點이 있다고 思料되어 여기에서 充分한 結論을 얻기란 어려운 일이지만 다만 이 試驗結果의

비교에 關係는 다음과 같이 말할 수가 있다.

1. 包裝이 되는 시멘트의 貯藏期間이 오래될수록 同時에 덩어리의 量과 Ig. loss는 直線的으로 增加한다.

2. 貯藏期間의 經過에 따라 強度는 低下되며 短期強度에 있어서 그의 低下率이 長期強度에 比하여 顯著하다.

3. 시멘트의 種類에 따라 強度 低下率이 서로 다르지만 시멘트 貯藏期間中 시멘트의 強度는 月 平均 4~5% 程度의 比率로 強度가 低下된다.

以上の 點으로부터 보아 시멘트는 工事 適期에 供給되어 야하며 工事現場에 搬入되어 있는 시멘트는 콘크리트 標準示方書에 明示되어 있는 바와 같이 시멘트를 貯藏하여도 長期間 不適當하게 貯藏된 시멘트의 使用에 있어서는 반드시 所要試驗을 實施한 後에 使用하여야 한다.

原 稿 募 集

本學會에서는 아래와 같은 規定으로 原稿를 募集하오니 公私間 多忙하실줄 思料하나 本學會를 育成하는 뜻에서 많이 投稿하여 주시기 바랍니다.

I. 類別은 技術에 關한 論說, 研究 報告(工事施工 設計 計算) 討議 農業土木隨想, 現場閑談, 技術行政, 技術經營, 技術相談, 等 農業土木技術에 關한 全般일.

II. 原稿는 200字 原稿用紙에 되어 쓰기로 橫書하고 枚數의 制限은 없으며,

a. 數字는 아라비아 數字로 使用할것.

b. 圖表는 드레싱 紙에 墨入하고 順序를 必記하여 編輯에 差誤없도록 할것.

c. 記事分類는 ㄱ-ㅅ 文字(I, II, III)알파 베타 文字(a, b, c)아라비아 數字(1, 2, 3)의 順序로 할것.

d. 表題는 國文과 英文을 併記하고 本文이 國文일 때는 英文의 Summary를, 英文일 때는 國文抄를 必記할것.

III. 會誌에 掲載한 原稿에 限하여 本學會 所定의 謝禮金을 드리며 일단 提出한 原稿는 一切 返還치 않으며 編輯上 必要에 따라 體裁와 用語의 一部를 訂正 或은 省略하는 境遇 이를 許容하여 주시기를 바랍니다.

IV. 原稿提出는 隨時