

1982年度 日本시멘트 共同試驗結果報告

田 成 植(譯)

〈韓國洋灰工業協會企劃課代理〉

1. 序 言

日本시멘트協會에서는 시멘트試驗의 중요성을 고려하여 그 技術의 향상과 相互啓發을 목적으로 1948年 이래 전국의 시멘트 및 콘크리트관계 試驗所와 研究所를 대상으로 共同시멘트試料에 대한 共同試驗을 현재까지 32回 실시하여 왔다.

이번에도 「82-OC 시멘트 共同試驗」이라는 표제 아래, 82年 10월에 시멘트協會 회원회사 63개소, 회원외 62개소, 計 125個所の 試驗所가 참가하여 共同試驗을 실시했다.

2. 시멘트 共同試驗結果의 개요

실시한 시험항목은 ① JIS 에 따른 化學分析, 物理試驗, 水和熱試驗 ② CAJS 에 따른 44 μ m sieve 殘分の 시험 및 遊離石灰의 定量 ③ ASTM 및 BS 에 따른 物理시험 등이다.

1) 化學分析結果

化學分析에 참가한 試驗所는 會員 60개소, 會員外 15個所이며 시험結果는 <表-1>과 같다.

化學分析의 JIS 규격은 1981年 8월에 대폭적으로 改訂되었는데 이번 共同試驗은 JIS 改訂후 2번째로서 숙련기간이 1年2個月이 되었

으므로 一部시험항목을 제하고는 前回보다 표준편차와 변동계수가 적게 나왔다.

會員과 會員外에 대해서 살펴보면, 會員外는 참가시험소가 적어, 비교하기가 다소 곤란하지만 會員과 會員外의 平均은 全成分이 잘 一致됨을 볼 수 있었다. 표준편차와 변동계수는 會員과 會員外 공히 적은 편이지만 이중 會員쪽이 더 적게 나타나고 있다.

規格本文과 附屬書에 따른 시험결과를 비교해 보면 평균치가 잘 일치되고 있으며 표준편차, 변동계수도 거의 동일 수준을 나타내고 있다.

여기서 「化學分析用 시멘트 표준시료」는 會員 90%, 會員外 40%가 이용하고 있다.

2) 物理試驗結果

물리시험에 참가한 시험소는 會員 63個所, 會員外 60個所이며 시험結果는 <表-2>와 같다.

시험항목별로 살펴보면 아래와 같다.

① 比重시험 — 比重시험은 Le-Chatelier 比重병을 신뢰할 수 있는 메이커로부터 精度가 좋은 것을 구입하는 것이 중요하다. 시험조작에서는 시료를 집어넣기 前後의 比重병의 눈금을 읽을 때 물탱크의 水溫이 일치되고 있는지를 살펴보아야 한다.

② 粉末度 — 比表面積의 평균은 會員의 경우는 3,150 cm^2/g , 會員外는 3,180 cm^2/g 으로서 그 차는 30 cm^2/g 정도로 비교적 적은 편이다. 표

化 學 分 析 結 果

<表-1>

項 目	會 員						會 員 外						
	平均	最大	最小	標準 偏差	變動係數 (%)	試驗所 數	平均	最大	最小	標準 偏差	變動係數 (%)	試驗所 數	
規 格 本 文	ig.loss	0.6	0.8	0.5	0.06	10.1	60	0.6	0.8	0.5	0.11	17.8	15
	insol.	0.1	0.2	0.0	0.04	44.4	60	0.2	0.5	0.1	0.12	58.9	15
	SiO ₂	21.9	22.0	21.7	0.07	0.3	51	21.8	22.4	21.3	0.28	1.3	12
	Al ₂ O ₃	5.3	5.7	5.2	0.12	2.2	49	5.3	5.7	5.1	0.18	3.3	12
	Fe ₂ O ₃	2.9	3.1	2.8	0.06	2.1	47	3.0	3.1	2.9	0.09	3.2	8
	CaO	64.5	64.9	64.0	0.16	0.2	51	64.3	64.8	63.1	0.50	0.8	11
	MgO	1.6	1.7	1.4	0.07	4.4	47	1.6	1.7	1.5	0.08	4.9	8
	SO ₃	2.0	2.1	1.9	0.03	1.7	60	2.0	2.1	1.9	0.04	2.0	14
	Na ₂ O	0.34	0.38	0.30	0.017	5.0	45	0.39	0.52	0.31	0.071	18.2	8
	K ₂ O	0.38	0.42	0.31	0.025	6.6	45	0.41	0.48	0.36	0.041	10.0	8
	TiO ₂	0.31	0.35	0.20	0.020	6.3	55	0.31	0.41	0.21	0.053	17.3	12
	P ₂ O ₅	0.04	0.08	0.02	0.009	21.2	55	0.05	0.10	0.03	0.020	41.5	10
	MnO	0.12	0.15	0.09	0.011	9.1	45	0.12	0.14	0.06	0.029	24.7	6
	規 格 附 屬 書	SiO ₂	21.9	22.0	21.7	0.07	0.3	41	21.8	22.0	21.7	0.12	0.5
Al ₂ O ₃		5.4	5.8	5.1	0.13	2.4	45	5.4	5.6	5.2	0.17	3.1	6
Fe ₂ O ₃		2.9	3.1	2.8	0.06	2.1	44	3.0	3.3	2.9	0.14	4.5	8
CaO		64.5	64.8	64.2	0.15	0.2	43	64.4	64.7	64.1	0.21	0.3	7
MgO		1.5	1.8	1.4	0.10	6.6	43	1.4	1.6	1.1	0.18	12.8	8
Na ₂ O		0.34	0.42	0.22	0.035	10.2	33	0.36	0.38	0.33	0.017	4.8	6
K ₂ O		0.38	0.42	0.30	0.033	8.9	34	0.40	0.44	0.36	0.031	7.6	6
MnO	0.12	0.15	0.08	0.016	12.8	30	0.13	0.13	0.13	0.000	0.0	2	

物 理 試 驗 結 果

<表-2>

項 目	會 員						會 員 外							
	平均	最大	最小	標準 偏差	變動係數 (%)	試驗所 數	平均	最大	最小	標準 偏差	變動係數 (%)	試驗所 數		
比 重	3.17	3.19	3.14	0.009	0.29	63	3.17	3.19	3.15	0.009	0.29	57		
粉 末 度	比表面積(c㎡/g)	3,150	3,290	3,020	55	1.8	63	3,180	3,430	2,980	102	3.2	54	
	標準列 88μm殘分(%)	0.7	1.0	0.5	0.10	15.0	62	0.8	1.3	0.2	0.25	30.5	49	
凝 結	水 量 (%)	28.6	29.6	27.9	0.41	1.4	62	28.9	30.5	27.0	0.71	2.4	57	
	初結(h-min)	2-32	2-58	2-12	10.4	6.8	62	2-29	2-57	1-42	13.1	8.8	57	
	終結(h-min)	3-46	4-40	3-24	12.7	5.6	62	3-58	4-42	3-13	21.5	9.0	57	
flow 值	259	270	236	6.5	2.5	61	242	270	192	15.2	6.3	57		
強 度	壓縮強度 (kg f/cm ²)	3日	175	192	164	6.0	3.4	61	161	197	110	18.7	11.6	60
		7日	276	305	254	10.0	3.6	61	263	315	212	21.8	8.3	60
		28日	453	489	424	13.7	3.0	61	427	482	346	28.2	6.6	60
	曲強度 (kg f/cm ²)	3日	41	46	37	2.4	5.7	61	39	51	29	4.6	11.8	60
7日		55	60	50	2.6	4.8	61	56	66	47	4.7	8.5	60	
28日		74	82	67	3.2	4.4	61	73	86	61	4.3	5.9	60	

준편차는 會員外가 102cm/g로서 會員의 55 cm/g에 비해 약 2배로 나타나고 있다.

표준체 88 μ m 殘分(%)의 평균은 會員 0.7%, 會員外 0.8%로 거의 일치하고 있으나 범위는 會員이 0.5~1.0%이고 會員外는 0.2~1.3%이다.

표준체는 체의 간격이 정확해야 하므로 신용 있는 메이커로부터 구입하여 사용하는 것이 중요하다.

③ 응결 — 水量的 범위는 會員이 27.9~29.6%, 會員外가 27.0~30.5%로 양쪽 모두 큰편이다. 會員外의 경우 初結은 水量이 많은데도 빠른 편이고 終結은 비교적 느린 편이다. 水量, 初結, 終結의 표준편차 및 변동계수의 크기는 종래와 같은 정도를 보이고 있다. 이 시험은 숙련된 조작을 필요로 하는 시험이다.

④ 安定性 — 보고된 시험소의 결과를 보면 전부가 「良好」한 결과를 보이고 있다.

⑤ 強度 — flow 値는 금년에도 會員外가 會員쪽보다 약간 적으며 표준편차는 2배로 크게 나타나고 있다.

압축강도는 會員外가 會員쪽보다 어느 정도 적고 표준편차는 상당히 큰 편이다.

曲強度는 會員과 會員外가 거의 같은 値를 나타내고 있으나 표준편차는 會員外가 상당히 큰

편으로 나타나고 있다.

압축강도의 분포를 會員과 會員外로 구분하여 <그림-1>에 도시하였는데 材齡이 진행됨에 따라 그 幅이 넓어짐을 볼 수 있다. 또 會員外를 학교, 건설·철도·전력, 관청 및 民間의 4그룹의 業種으로 나누어서 <表-3>에 정리하였는데 各 그룹의 압축강도결과는 모두가 會員보다 낮다. 표준편차 및 범위는 各 그룹 모두가 크며 특히 材齡 28日에서 큰 경향을 보이고 있다.

최근 10年 동안 會員과 會員外의 압축강도차를 <表-4>에 나타냈는데, 材齡 3日에서는 會員과 會員外의 차가 적은 편이지만 材齡 7日에서는 어느 정도 커지고 材齡 28日에서는 상당히 큰 폭으로 벌어지고 있다.

최근 10年의 시험소間 및 시험소內的 표준편차를 <그림-2>에 표시하였는데, 材齡이 진행됨에 따라 표준편차가 커짐을 볼 수 있다. 會員은 會員外에 비해 표준편차가 적으며 每年마다의 변화도 적은 범위를 보이고 있다. 設備, 機器의 체크를 완벽하게 해야 하며 計量, 반죽, 成形, 測定 등의 各 조작을 충분히 이해 습득시켜야만 정확한 결과를 얻을 수 있다.

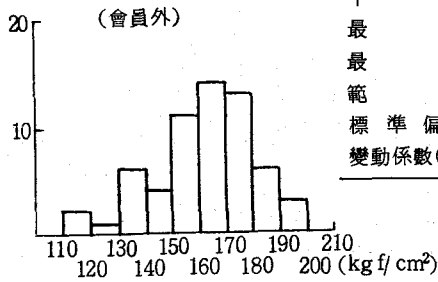
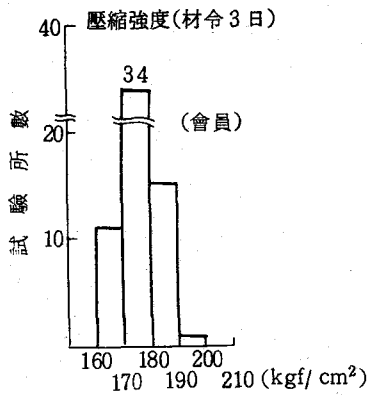
3) 水和熱 시험결과

水和熱시험에 참가한 시험소는 會員 52個所,

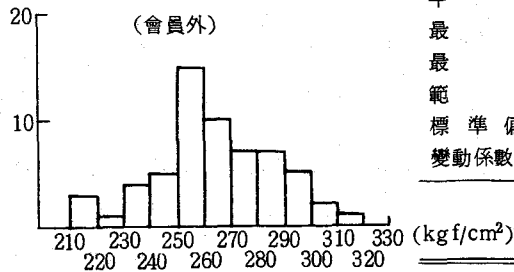
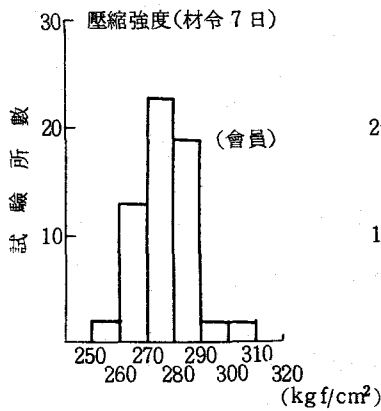
業種別의 壓縮強度

<表-3>

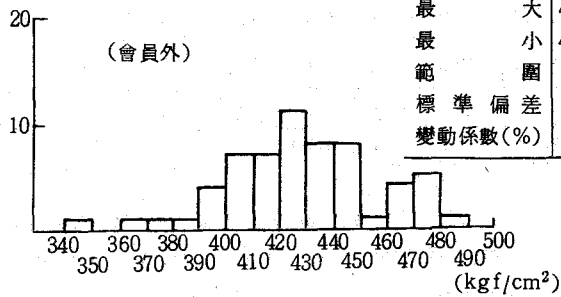
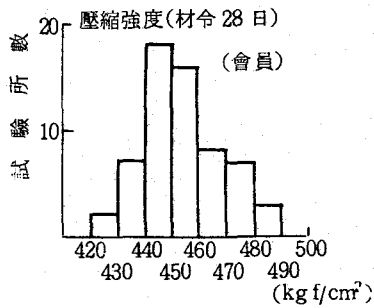
材齡	業 種	壓 縮 強 度				
		壓縮強度 (kg f/cm ²)	標準偏差 (kg f/cm ²)	變動係數 (%)	範 圍 (kg f/cm ²)	試驗所數
3日	學 校	158	21.8	13.8	112~197	25
	建設·電力·國鐵	164	11.7	7.1	148~186	9
	官 廳	158	18.8	11.9	110~180	13
	民 間	169	14.6	8.7	136~190	13
7日	學 校	257	26.5	10.3	212~315	25
	建設·電力·國鐵	260	13.7	5.2	244~281	9
	官 廳	268	13.8	5.2	243~290	13
	民 間	271	20.8	7.7	233~306	13
28日	學 校	419	34.5	8.2	346~482	25
	建設·電力·國鐵	425	23.5	5.5	386~470	9
	官 廳	441	18.8	4.3	411~475	13
	民 間	432	20.6	4.8	395~464	13



項 目	會 員	會 員 外
試 驗 所 數	61	60
平 均	175	161
最 大	192	197
最 小	164	110
範 圍	28	87
標 準 偏 差	6.0	18.7
變 動 係 數 (%)	3.4	11.6



項 目	會 員	會 員 外
試 驗 所 數	61	60
平 均	276	263
最 大	305	315
最 小	254	212
範 圍	51	103
標 準 偏 差	10.0	21.8
變 動 係 數 (%)	3.6	8.3



項 目	會 員	會 員 外
試 驗 所 數	61	60
平 均	453	427
最 大	489	482
最 小	424	346
範 圍	65	136
標 準 偏 差	13.7	28.2
變 動 係 數 (%)	3.0	6.6

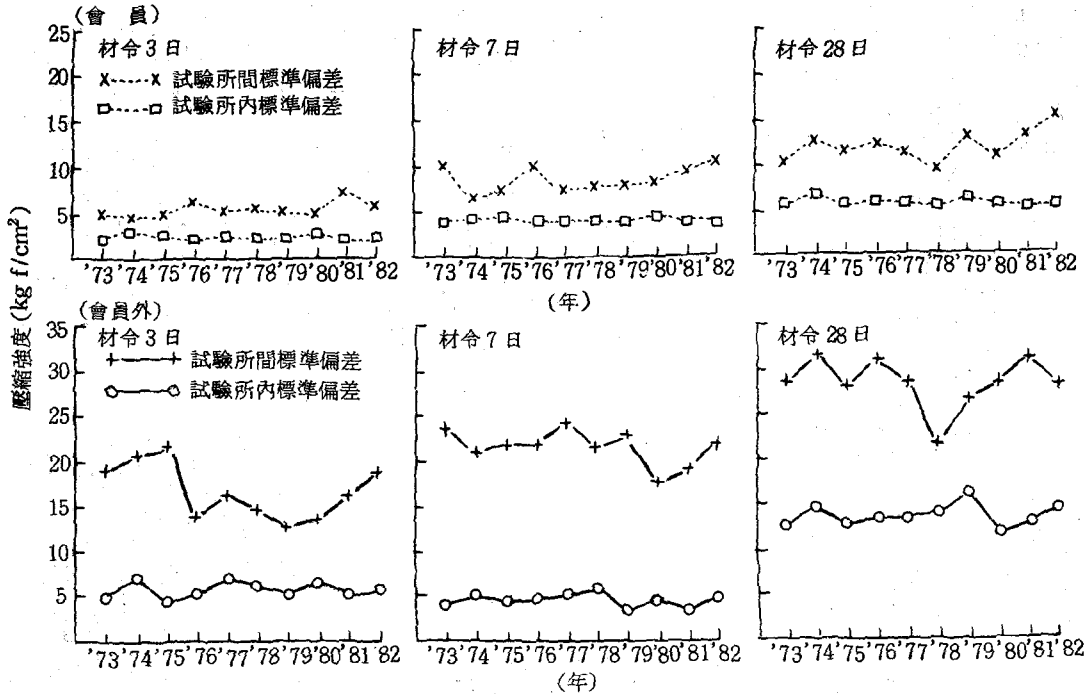
< 그림-1 > 壓 縮 強 度

< 表-4 >

最近 10 年 間 會 員 과 會 員 外 的 壓 縮 強 度 的 差

(單位 : kg f / cm²)

材 齡	시멘트 共同試驗 (OC) 的 年 度									
	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
3 日	- 1	8	6	4	6	- 2	- 1	2	4	14
7 日	9	7	12	9	16	2	3	9	10	13
28 日	17	24	24	25	18	15	23	7	18	30



〈그림-2〉 最近 10年間 壓縮強度의 試驗所間 및 試驗所內標準偏差

水和熱測定結果

〈表-5〉

項目	會員						會員外						
	平均	最大	最小	標準偏差	變動係數(%)	試驗所數	平均	最大	最小	標準偏差	變動係數(%)	試驗所數	
熱容量 (cal/°C)	413.9	442.4	398.9	8.53	2.1	52	440.0	531.1	413.7	51.04	11.6	5	
未水和시멘트의溶解熱 (cal/g)	616.0	620.1	604.1	2.62	0.4	52	613.8	615.4	611.2	1.72	0.3	5	
水和熱 (cal/g)	7日	82.1	86.2	74.8	2.54	3.1	52	81.4	87.1	76.2	4.77	5.9	5
	28日	94.1	97.6	86.9	2.38	2.5	52	91.8	94.7	87.8	3.16	3.4	5

〈表-6〉

44 μm 篩 方法에 따른 粉末度와 free CaO

項目	會員						會員外					
	平均	最大	最小	標準偏差	變動係數(%)	試驗所數	平均	最大	最小	標準偏差	變動係數(%)	試驗所數
44 μm 篩 殘分(%)	5.5	7.1	4.0	0.63	11.4	55	5.0	6.2	3.8	0.86	17.1	5
free CaO (%)	0.3	0.5	0.2	0.08	25.5	60	0.3	0.5	0.2	0.12	36.9	6

會員外 5個所이며 시험결과는 〈表-5〉와 같다.
 水和熱의 범위, 표준편차 및 변동계수는 會員, 會員外 양쪽 다같이 크다.
 시험조건, 장치와 기구를 잘 체크하고 操作에

세심한 주의를 함으로써 표준편차를 줄일 수 있다. 예를 들면 水和熱시험을 할 시료를 분쇄하여 체에 완전히 통과시킨 후 될 수 있는 대로 빨리 操作을 하며 또 시멘트 페이스트의 養生槽

ASTM 에 따른 凝結, 安定性 및 強度

<表-7>

項目	Vicat 方法에 의한 응결			Gilmore 方法에 의한 응결			安定性 (Auto-clave 方法) (%)	壓縮強度 (kg f/cm ²)			인장강도			
	水量 (%)	初結 (h-min)	終結 (h-min)	水量 (%)	初結 (h-min)	終結 (h-min)		3日	7日	28日	水量 (%)	3日	7日	28日
平均	25.7	2-30	3-44	25.7	2-51	4-17	0.02	194	288	424	10.8	25.6	29.9	35.0
最大	26.6	2-58	4-11	26.6	3-40	4-55	0.03	243	337	472	10.9	32.0	36.0	44.0
最小	25.0	2-10	3-10	25.0	2-20	3-35	0.00	162	224	370	10.5	19.5	27.3	30.4
標準偏差	0.36	11.6	13.6	0.37	16.3	17.3	0.007	14.7	20.9	23.7	0.09	2.42	1.85	2.61
變動係數(%)	1.4	7.7	6.1	1.4	9.5	6.8	33.5	7.6	7.3	5.6	0.9	9.4	6.2	7.4
試驗所數	41	40	40	41	41	41	35	41	41	41	37	38	38	38

BS 에 따른 粉末度, 凝結, 安定性 및 壓縮強度

<表-8>

項目	粉末度 (Lea-Nurse 方法) (m ² /kg)	凝結			安定性 (Le-chatelier 方法) (mm)	壓縮強度 (kg f/cm ²)		
		水量 (%)	初結 (h-min)	終結 (h-min)		3日	7日	28日
平均	328	28.4	2-44	3-47	0.2	357	485	644
最大	339	29.3	3-15	4-22	0.7	401	539	702
最小	314	27.4	2-20	3-17	0.0	295	423	542
標準偏差	7.1	0.47	11.7	14.3	0.19	23.0	26.8	29.8
變動係數(%)	2.2	1.7	7.2	6.3	79.7	6.4	5.5	4.6
試驗所數	10	36	36	36	34	34	34	34

는 늘 20 ± 1°C 가 유지되도록 해야 한다.

3. 기타 시험

1) 시멘트協會 標準試驗방법(CAJS)에 따른 시험결과

44 μm 체 方法에 의한 粉末度 및 free CaO 의 시험결과는 <表-6> 과 같다. 兩시험결과의 표준편차는 例年과 거의 같다.

2) ASTM 및 BS 시험결과

ASTM 시험에 참가한 試驗所數는 會員 41 個所, 會員外 1 個所이며 BS 시험에 참가한 시험소數는 會員 36 個所로서 會員外의 참가는 없었다.

ASTM 및 BS 시험결과를 <表-7> 과 <表-8> 에 정리하였다.

各表의 시험항목을 보면 그 편차가 대단히 큰데 그 원인으로서는 이와 같은 시험을 日常 해온 시험소가 적고 또 操作이 익숙치 않으며 시험조건이 다르기 때문으로 생각된다.

4. 設備, 機器 및 조작기술에 대해서

近年 시험설비를 完備하고 시험기기의 검사를 받는 등 整備가 되고 있으나, 아직도 그 결과치의 幅이 큰 원인은 시험조작이 덜 숙련된 것으로 보며 이에 대한 훈련이 필요하다고 본다. 協會에서는 조작방법 및 機器의 取扱에 대해서 詳述한 「JIS 시멘트解說」을 간행하여 정확한 시험방법의 보급에 노력하고 있으며 化學分析, 분말도 및 水和熱시험용 표준시료를 준비하고 있어 그 活用을 바라고 있다. ♣