

# 경화 콘크리트의 단위 시멘트량 추정 방법에 관한 기초적 연구

A Fundamental Study on the Estimation of Unit Cement Content in Hardened Concrete

(Test Method by Sodium Gluconate)

김 광 서\*    유 영 호\*\*    박 도 경\*\*\*

Kim Kwang-Seo, Lew Young-ho, Park Do-kyong

## ABSTRACT

The purpose of this study is to propose new estimation method of unit cement content in hardened concrete. In general, the quantity of cement in hardened concrete is tested by hydrochloric acid dissolving cement paste, however, hydrochloric acid dissolves sea shell contained in sea sand and lime stone in concrete. Therefore, the tested cement content is apt to estimate greater than actual cement content. The sodium gluconate solution dissolves only cement in concrete, it is hard to dissolve sea shell and lime stone as  $\text{CaCO}_3$ . The effects of the quantity, concentration and temperature of sodium gluconate solution, the ignition temperature, the ignition loss of cement on the cement content and the percentage of dissolution of cement were investigated to establish a test method. From the results of these tests, the fundamental test method for cement content of hardened concrete by sodium gluconate is proposed.

## I. 序論

콘크리트 구조물의 품질 및 내구성을 보증하기 위한 요소로서 단위 시멘트량은 큰 역할을 차지하고 있다. 경화 콘크리트의 단위 시멘트량을 추정하는 것은 콘크리트 구조체의 품질은 물론 내구성 진단의 유효한 자료를 얻을 수가 있다. 경화 콘크리트의 단위 시멘트량을 추정하는 화학적 방법으로는 염산(鹽酸)을 이용하여 경화 콘크리트의 시멘트를 용해시키는 방법인 KS F 2416 “경화된 포틀랜드 시멘트 콘크리트의 시멘트 함유량 시험 방법”과 일본 시멘트 협회의 콘크리트 전문위원회 보고 F-18 “경화 콘크리트의 배합 추정에 관한 공동 시험 보고”와 미국 ASTM C 85-66 “경화된 포틀랜드 시멘트 콘크리트의 시멘트 함유량 시험 방법 기준” 등이 있다. 이 방법은 경화 콘크리트에 포함된 해사중의 조개 껍질과 석회질 골재를 염산이 용해시켜 시멘트량이 크게 추정됨으로 시멘트 함유량 산정에 큰 오차가 발생되고 있다. 따라서 본 연구에서는 기존 경화 콘크리트의 단위 시멘트량 추정방법에 대한 효율적인 개선방안을 제시 하고자, 시멘트는 용해시키지만 석회질 골재와

해사중의 조개껍질등인 탄산 칼슘을 용해시키지 못하는 글루콘산 나트륨 용액을 사용하여 경화콘크리트의 단위 시멘트량을 추정하는 시험 방법을 확립하고, 보다 효과적인 시험방법 및 활용방안을 위한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있으며 그방법은 다음과 같다.

1. 경화 콘크리트의 배합추정방법 및 글루콘산 나트륨의 특성에 관한고찰
2. 글루콘산 나트륨의 사용방법을 위한 용액의 양, 질량농도, 용액의 온도 선정 실험 및 고찰
3. 불용잔분의 세정 방법 결정을 위한 실험고찰
4. 수화 시멘트의 결합수 이탈 및 여과지 灰化를 위한 강열처리 온도의 실험검토

## II. 글루콘산 나트륨의 특성

글루콘산 나트륨은 이온 봉쇄제로써 세병제와 결석 방지제로 널리 쓰이고 있으며, 최근에 시멘트 분산제 또는 응고 지연제로 사용되고 있다. 글루콘산 나트륨은 수용액중에서 2가, 3가의 금속이온 ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Mn}^{++}$ ,  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Zn}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Al}^{++}$  등)과 안정된 수용성 킬레이트(Chelate)를 형성하는 성질이 있으며 이미 형성된 침전물이나 침적물을 용해시켜 주는 성질이 있어 금속이온 봉쇄제로 널리 사용되고 있다. 또한

\* 원광대학교 건축공학과 교수, 공학박사

\*\* 원광대학교 건축공학과 강사, 박사과정 수료

\*\*\* 원광대학교 건축공학과 박사과정

독성이 없고 위생상 안전하며 생화학적 분해가 용이하여 폐수처리등의 문제도 발생되지 않아 산업적으로 여러 분야에서 응용되고 있다.

글루콘산 나트륨은 물에 아주 잘 녹으나 다른 유기용제에는 녹지 않으며 수용액은 중성으로 100℃에서도 안정되어 있으나, 그 조성은 농도와 온도에 따라 변화한다. 용해도는 25℃물 100ml에 59g이다.

Table II-1. 글루콘산 나트륨의 온도별 농도

온도	15	20	30	40	50	60	70	80	100
포화 농도	34.6	36.7	39.6	43.1	45.9	49.9	53.0	56.9	64.2

글루콘산 나트륨은 불규칙한 파편상의 무취, 백색 또는 담황색의 결정성 분말이다.

Table II-2. 글루콘산 나트륨의 화학적 성질

분자식	분자량	순도 99.5% 이상	환원물질 0.5% 이하	중금속 20ppm 이하	비소 3ppm 이하	납 10ppm 이하	PH
C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> O <sub>7</sub> Na	218.14	99.7%	0.10%	1ppm	불검출	불검출	6.8~7.4

Table II-3. 글루콘산 나트륨의 물리적 성질

성상	용해도 25℃	수분 0.3% 이하	냄새	분해점(℃)	진비중
백색 결정성 분말	59g/100ml	적합	없음	210	1.789

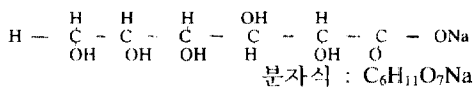


Fig II-1. 글루콘산 나트륨의 분자 구조식

### III. 실험계획 및 방법

#### III-1. 실험개요

본 실험은 글루콘산 나트륨을 이용한 단위 시멘트량 추정 시험방법에서 글루콘산 나트륨 사용방법을 파악하고자 시험의 주요 구성 부분을 차지하는 1) 글루콘산 나트륨 용액의 양, 質量濃度, 용액의 溫度 2) 불용잔분의 세정 방법 3) 수화 시멘트의 결합수 이탈 및 여과지 灰化를 위한 강열처리 온도에 대하여 실험을 실시 하였다. 실험에 사용된 시멘트는 보통 Portland Cement이고, 시료는 미수화 시멘트, 수화 시멘트 및 콘크리트 시료 3종류로 하였다. 불용잔분의 세정 시험은 글루콘산 나트륨 용액을 이용하여 콘크리트 분말 시료를 용해시킨후, 여과를 실시할때 여과지에 부착된 글루콘산 나트륨의 재결정체를 세정하기 위하여 온수와 암모니아 용액을 사용하여 실시 하였다. 단위 시멘트량 추정시험을 실시 할 경우 시

멘트의 결합수를 이탈 시키기 위하여 강열 처리 온도에 관한 실험이 필요하며, 이 온도에서 여과지의 미 연소분(산류재量)을 파악하고자 강열 처리 온도의 선정 실험을 실시 하였다.

Table III-1. 실험 계획 및 방법

시험항목	분말시료 (g)	글루콘산 나트륨 용액의 양 (ml)	濃度 (%)	온도 (℃)	여과지 세정	강열온도 (℃)
글루콘산 나트륨 용액의 濃度	미수화 시멘트 0.2	100 250 300	15 20 25	30 40 60	세정 방법 D	500
	0.4, 0.6	300 350	25 30	60		
	미수화 시멘트 0.2	300	15	60		
불용 잔분의 세정 방법	미수화 시멘트 0.2	300	15	60	비세정 방법 A, B, C, D, E	500
결합수 이탈	콘크리트 수화 시멘트, 1.0					200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000
	미수화 시멘트 0.4	300	15	60	세정방법 D	

### III-1-1. 사용재료

#### 1) 시멘트

사용된 시멘트는 보통 Portland Cement 이다.

Table III-2. 시멘트의 물리적 성질

종 류	비 중	분말도 (㎎/g)	안정도 (%)	용결시간(hr)		압축강도 (3일) (㎏/㎠)
				초 결	종 결	
시멘트	3.14	3.257	0.32	3-25	5-42	218

Table III-3. 시멘트의 화학적 성분

SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO <sub>3</sub> (%)	Ig.Loss (%)	Ins.R (%)
21.22	5.32	3.12	62.74	3.63	1.93	1.66	0.38

#### 2) 골재

##### 가) 굵은 골재

굵은 골재는 충남 서천 일야産인 변성 사암의 쇄석으로 25mm 이하를 사용하였다.

Table III-4. 굵은 골재의 물리적 성질

골 재	피더 지수 (ss)	표진비중	흡수율 (%)	단위 중량 (㎏/㎠)	마모율 (%)	조립율
쇄 석	25	2.59	13	1.883	26	65

Table III-5. 굵은 골재의 화학적 성분

항목 종류	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	K <sub>2</sub> O (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	MnO (%)	Ig Loss (%)	Ins.R (%)
변성 사암	8.06	3.81	0.27	0.21	1.25	0.05	83.6	0.16	2.31	0.08

##### 나) 잔골재

잔골재는 천연 골재로서, 충남 공주군 청양産인 강모래를 사용 하였다.

Table III-6. 잔골재의 물리적 성질

골재	표준 비중	흡수율(%)	단위 용적 중량(kg/m³)	No.200체 통과율(%)	입경(mm)	조립율
강모래	2.58	1.3	1.583	0.9	2.5	2.66

### III-1-2. 공시체 제작 및 양생방법

본 실험에서 제작한 공시체는 Cement Paste 공시체와 콘크리트 공시체이다.

#### 1) Cement Paste 공시체

Cement Paste 공시체는 본실험의 강열 처리 온도 용 공시체로서 물 시멘트비 (W/C) 30%, 40%, 50%, 60%, 각 종류별로 3개씩 KS L 5109에 의해 비빈후 KS L 5105 의해 제작 하였다.

Table III-7. Cement Paste 공시체의 배합

W/C (%)	Water (kg/l)	Cement (kg/l)	비빈온도(°C)	단위 용적 중량 (kg/l)
30	0.485	1.617	25±3	2.102
40	0.596	1.392	25±3	1.948
50	0.611	1.222	25±3	1.833
60	0.653	1.089	25±3	1.742

#### 2) 콘크리트 공시체

콘크리트 공시체는 보통 Portland Cement를 사용하여, 슬럼프치 12cm, W/C 60%, 압축강도 180kg/cm²로 배합설계 하여, Ø10×20cm인 압축강도용 몰드로 15개 제작하여 28일간 수중 양생 하였다. 콘크리트 배합시 본 실험의 정밀도를 고려하여 혼화제는 사용하지 않았다.

Table III-8. 배합과 굳지 않은 콘크리트의 시험결과

골재 종류	골재 최대 치수	산골재	W/C %	습윤 프	전골 재율 %	단위 재료량 kg/m³				공기량 %	비빈 온도 °C
						W	C	S	G		
제석	25mm	강모래	60	12	45	189t	316	81.9	1004	1.15	23

### III-2. 글루콘산 나트륨의 선정실험

본실험은 미수화시멘트의 量 0.2, 0.4, 0.6g을 용해 하기에 필요한 글루콘산 나트륨 용액의 量, 質量濃度, 용액의 溫度를 명확히 선정하기 위한 실험이다. 글루콘산 나트륨 용액의 量, 濃度, 溫度가 선정된후 물시멘트비 (W/C) 30, 40, 50, 60%의 수화 시멘트 분말 시료 0.2, 0.4, 0.6g에 대한 용해량 백분율을 미수화 시멘트와 비교 하고자 물시멘트비 각각에 대하여 수화시멘트도 실험을 실시 하였다. 본 실험은 미수화 시멘트 분말 시료를 500°C로 강열한 후 0.2, 0.4, 0.6g을 500ml Beaker에 각각 집어 넣은후, 소정의 글루콘산 나트륨 용액을 사용하여 30분간 Hotting Stirrer로 攪拌 시켜 미수화 시멘트 분말 시료를 용해 시켰다. 이것을 여과지에서 여과 시킨후, 여과지에 부착된 殘溜分을 세정 하였다. 세정후 다시 잔류분을

500°C로 강열 한후 不溶殘分量을 구하였다.

$$S_d = \frac{S_a - R_s}{S_a} \times 100$$

$S_a$  : 분말 시료의 용해량 백분율 (%)

$S_a$  : 강열후 (500°C)의 분말 시료의 질량 (g)

$R_s$  : 분말 시료의 불용 잔분량 (g)

### III-3. 수화 시멘트의 적용 실험

본 실험에서는 소정의 글루콘산 나트륨 용액으로 물 시멘트비 (W/C) 30, 40, 50, 60%의 수화 시멘트 분말 시료 0.2, 0.4, 0.6g인 3水準에 대하여 용해량 백분율을 구한후, 미수화 시멘트와 비교 확인하고자 물 시멘트비(W/C) 각각에 대하여 실험 하였다. 실험에 사용된 시료체는 28일간 상온에서 밀봉 양생한 Cement Paste 공시체이다.

Table III-9. 수화 시멘트의 적용 실험계획

시료의 종류	W/C (%)	분말시료 (g)	글루콘산 나트륨 용액의 결정조건			여과지 세정	강열온도 (°C)
			量 (ml)	濃度 (%)	溫度 (°C)		
수화 시멘트	30	0.2, 0.4, 0.6	300	15	60	세정방법 D	500
	40						
	50						
	60						

### III-4. 불용잔분의 세정방법에 관한 실험

세정 방법은 다음의 6종류로 선정하여 종류별 3회씩 실험을 실시하였다.

#### 1) 未洗淨

#### 2) 洗淨方法 A : 溫水洗淨 3회

#### 3) 洗淨方法 B : 溫水洗淨 10회

#### 4) 洗淨方法 C : 암모니아 용액 洗淨 3회

#### 5) 洗淨方法 D : 溫水洗淨 3회 → 암모니아 용액 洗淨 2회 → 溫水洗淨 2회

#### 6) 洗淨方法 E : 암모니아 용액 洗淨 3회 → 溫水洗淨 2회

실험에 사용한 분말 시료는 미수화 시멘트를 0.2g으로 하였고, 글루콘산 나트륨 용액 (量 300ml, 質量濃度 15%, 溫度 60°C)을 사용하여 분말 시료를 용해 시킨후, 세정 방법 6가지를 이용하여 불용잔분량을 측정 하였다. 실험에 사용된 세정액은 증류수를 끓여서 사용하였다. 선정된 세정방법을 사용하여 수화 시멘트 분말 시료(w/c,50%) 0.2g의 불용 잔분량을 3회 실험후, 측정하여 미수화 시멘트와 비교 분석 하였다.

### III-5. 強熱 처리 온도의 선정 실험

강열 처리 온도와 결합수의 이탈량에 관한 관계를 명확히 하기 위하여 ASTM C 114-85의 항목중 "Loss on Ignition"과 KS L 5120 의 항목중 "강열 감량"에 準하여 실험을 실시하였다.

### III-5-1 결합수의 이탈량 실험

본 실험에서는 콘크리트, 수화 시멘트(w/c 30%, 60%), 공기체의 분말 시료 1g을 사용하여 강열 처리 온도 100℃에서 1,000℃까지 10水準의 온도별 强熱 減量 백분율을 다음식에 의해 算出 하였다.

$$W_{sr} = \frac{S_{al05} - S_{ar}}{S_{al05}} \times 100$$

$W_{sr}$  : 강열 처리 온도 T℃ 에 따른 분말 시료의 강열 감량 백분율(%)

$S_{al05}$  : 105℃질건후의 분말 시료의 질량 (g)

$S_{ar}$  : 강열 처리 온도 T℃에 대한 강열 후의 분말시료의 질량(g)

또한 시료의 강열 처리 온도를 500℃로 실험을 실시할 경우 1,000℃에 대한 수화 시멘트 결합수 미이탈량이 조사 되어야 함으로 수화 시멘트 1g에 대하여 강열 온도 500℃와 1,000℃에서 실험을 실시 하였다.

### III-5-2. 이과지의 灰化 정도 실험

본 실험은 강열 처리 온도에 따라 여과지 灰化 및 殘分量을 측정 하고자 실험을 실시 하였다. 실험은 수화 시멘트 0.4g, 글루콘산 나트륨 용액 (量 300ml, 質量濃度 15%, 溫度 60℃)과 세정 방법 D를 이용하여 강열 온도 200℃에서 1,000℃까지 9水準의 溫度別

Table III-10. 이과지의 성능 및 물리적 성질

종명	중량 (g/m <sup>2</sup> )	두께 (mm)	여수 시간 (Sec)	Pore size (μm)	표준 효율 (%)	건조 온도 (℃)	건조 시간 (시간)	크기 (mm)
5종C	118	0.22	570	1	93	700	0.27	185

## IV. 실험결과 및 고찰

### IV-1. 글루콘산 나트륨 용액의 선정에 관하고찰

#### IV-1-1. 글루콘산 나트륨 용액의 量

미수화 시멘트 量 0.2, 0.4, 0.6g인 3水準과 글루콘산 나트륨 용액 (質量濃度 15%, 溫度 60℃)의 量 6水準과의 불용 잔분량 실험결과를, 용해량 백분율로 算出하였다.

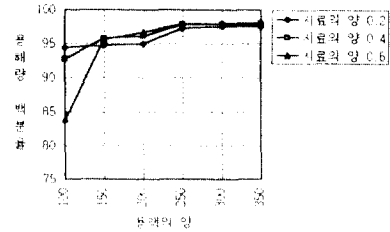


Fig IV-1. 글루콘산 나트륨 용액의 量과 용해량 백분율

용해량 백분율은 용액의 量이 250ml 이상이 되면, 미수화 시멘트 量 0.2~0.6g의 범위에서 97.3~98.1% 정도로 나타났다. 용액의 量이 250ml보다 작은 경우에는 용액내에서 시멘트 입자 미소 量이, 여과시에 여과지에서 육안으로 판별 되었다. 이결과 실험에 필요한 글루콘산 나트륨 용액의 量은 300ml로 결정 하였다.

#### IV-1-2. 글루콘산 나트륨 용액의 質量濃度

미수화 시멘트 量 0.2, 0.4, 0.6g인 3水準과 글루콘산 나트륨 용액 (量 300ml, 溫度 60℃)의 質量濃度 6水準과의 불용 잔분량 실험결과를, 용해량 백분율로 算出 하였다.

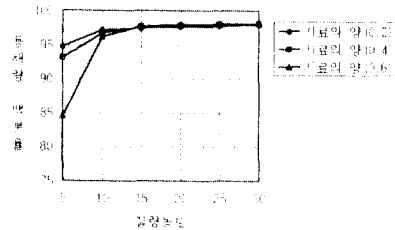


Fig VI-2. 글루콘산 용액의 質量濃度和 용해량 백분율

용해량 백분율은 글루콘산 나트륨 용액의 質量濃度가 15% 이상에서 97.5~98.1% 정도로 나타났다. 용액의 質量濃度 25%에서는 용액내에 미세한 Gel 현상이 나타나기 시작하는 것을 육안으로 판별할 수 있었고 30%에서는 미소 量의 Gel 현상이 발견되었다. 따라서 질량농도 25% 이상이 되면 글루콘산 나트륨이 여과지에 여과지에 부착되어, 세정이 잘 안되고 (여과수가 안빠져 나감) 재결정 되기 때문에 시험의 세정 과정에서 시간이 많이 경과되고, 단위 시멘트 量 추정 시험 결과에서 약간의 오차가 발생할 것으로 생각된다. 이 결과, 용액의 質量濃度는 Gel 현상의 방지를 위하여 15%로 결정 하였다.

#### IV-1-3. 글루콘산 나트륨 용액의 溫度

미수화 시멘트 量 0.2, 0.4, 0.6g의 3水準과 글루콘산 나트륨 용액 (量 300ml, 質量濃度 15%)의 溫度 20, 40, 60℃와의 불용 잔분량 실험결과를, 용해량 백분율로 算出하였다.

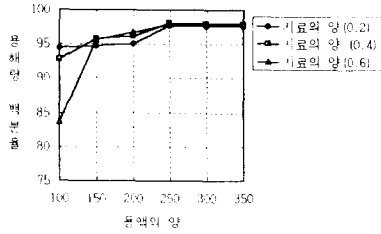


Fig IV-3. 글루콘산 용액의 溫度와 용해량 백분율

용해량 백분율은 용액의 溫度가 높을수록 크게 나고 있으나, 글루콘산 나트륨 용액의 溫度가 80°C 정도가 되면 시멘트와 용액이 반응하여 Gel현상이 발생하는 것을 육안으로 확인하였다. 따라서 글루콘산 나트륨 용액이 溫度는 60°C로 결정하여 실험에 사용하였다. 以上과 같이, 글루콘산 나트륨 용액의 조건이 용액의 量 300ml 質量濃度 15% 및 溫度 60°C일때, 미수화 시멘트 量 0.2, 0.4, 0.6g의 3水準에서 용해량 백분율이 97.5~98.0%로 되는 주요 원인은, 여과지가 強熱 溫度 500°C에서 완전히 연소되지 않는 것과 미수화 시멘트의 不溶解殘分의 영향으로 판단된다.

#### IV-1-4. 수화 시멘트의 적용 실험

글루콘산 나트륨 용액의 조건이 量 300ml, 質量濃度 15%, 溫度 60°C로 결정된 후, 물 시멘트비(W/C) 30, 40, 50, 60%에 대한 수화 시멘트 量과의 용해량 백분율로 나타냈다.

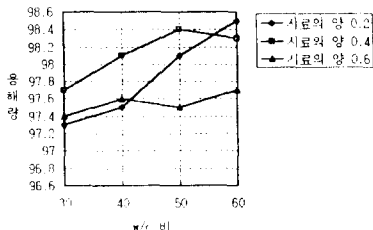


Fig VI-4. 수화시멘트의 물시멘트비와 용해량 백분율

글루콘산 나트륨용액(量 300ml, 質量濃度 15%, 溫度 60°C)으로 물시멘트비 30, 40, 50, 60%인 수화 시멘트 0.2, 0.4, 0.6g에 대한 불용잔분 실험결과, 용해량 백분율은 97.3~98.3% 정도로 나타났고, 글루콘산 나트륨 용액이 수화시멘트도 미수화 시멘트와 마찬가지로 용해하는 것을 알 수 있었다.

#### VI-2. 불용잔분의 세정 방법에 관한 고찰

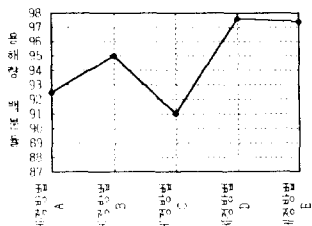


Fig IV-5. 세정방법과 시료의 용해량 백분율

殘溜物의 세정은 溫水(세정방법 A, B) 및 암모니아 용액 (세정방법 C)만으로 세정하는 것보다 溫水와 암모니아 용액을 조합하여 세정하는 것이 효과가 우수한 것으로 나타났다. 그러나 온수와 암모니아 용액을 조합하여 세정 하여도, 불용잔분 量 0.005g이 잔류하는 것을 실험결과 알 수 있었다. 이것은 강열 온도 500°C에 대한 여과지의 잔류재와 시멘트 불용해 잔분의 영향으로 판단되고, 이 量은 미수화 시멘트 0.2g에 대하여 2.5% 정도이다. 이 量은 시멘트 量을 적게 추정하는 원인이 되기 때문에, 추정 단위 시멘트 量을 구할 때에는 보정해 주어야 한다. 또한 세정 방법 D를 사용한 수화 시멘트 분말시료 0.2g의 불용잔분량도 미수화 시멘트와 마찬가지로 2.5% 정도로 측정되었다.

#### IV-3. 강열 처리 온도의 선정 실험에 관한 고찰

##### IV-3-1. 결합수의 이탈량 실험

콘크리트 및 수화 시멘트 시료의 강열 처리 온도 별, 실험 결과를 강열 감량 백분율로 算出하였다.

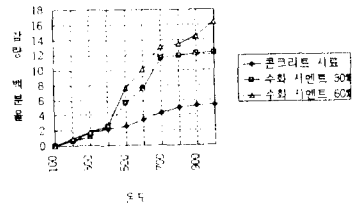
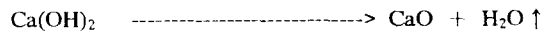
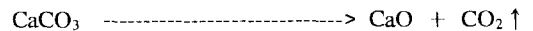


Fig IV-6. 시료의 강열 처리 온도와 강열 감량 백분율

강열 온도가 올라가면 화학적으로 결합되어 있는 수분은 수화물에서 이탈하고 약 250~350°C에서 규산 석회 수화 생성물은 보유 수분의 약 20%가 탈수되며, 500°C 전후에서는 시멘트 성분중의 70~80%를 차지하고 있는 규산 석회가 수화하여 유리된 수산화 석회도 다음과 같이 탈수되어,



강열 감량 백분율이 급격히 증가하고 있다. 750°C 전후에서는 탄산 칼슘이 다음과 같이 분해가 시작되나 강열 감량은 크게 일어나지 않는 것을 알 수 있었다.



콘크리트 골재로 사용되는 화강암, 사암계의 암석은 석영의 변태점 전의 약 500°C에서 급격히 팽창을 나타내고 575°C의 변태점에서 붕괴하여 강열감량 백분율이 증가된다. 석회암계의 암석은 750°C 전후에서

CaCO<sub>3</sub>의 분해가 시작된다. 강열 처리 온도를 높게 하면, 시멘트 수화물과 암석이 분해되기 때문에 강열 처리 온도를 500℃로 결정하여 실험에 사용하였다. 그러나 강열처리 온도를 500℃로 한 경우 수화 시멘트의 결합수가 완전히 이탈되지 않으므로, 결합수의 미이탈량을 측정하기 위하여 500℃와 1,000℃의 온도도 강열 처리 온도 실험을 실시 하였다.

Table IV-1. 수화 시멘트의 강열 처리 온도 500℃ 및 1,000℃에 대한 강열 감량 백분율 (%)

W/C (%)	① 500℃	② 1,000℃	K (②-①)
30	5.6	12.3	6.7
40	6.8	13.4	6.8
50	7.3	15.4	8.1
60	7.6	16.3	8.7

K : 강열 처리 온도 500~1,000℃에 대한 시멘트 결합수의 이탈량

Table VI-1.에서 처럼 강열 처리 온도를 500℃로 한 경우에는 30, 40, 50, 60%의 물시멘트비 (W/C) 어느 것도 결합수가 완전히 이탈되지 않고, 강열온도 1,000℃에 대해서 7~9% 정도의 결합수가 잔류되고 있는 것을 실험결과 알 수 있었다. 이 결합수 량은 시멘트 량을 7~9% 정도 크게 추정하는 원인이 되기 때문에 단위 시멘트량을 추정할 때에는 이 값을 보정하여야 한다.

#### IV-3-2. 여과지의 灰化 정도 실험

여과지의 灰化 및 불용잔분량을 측정하고자, 強熱 溫度別 실험결과를 용해량 백분율로 算出하였다.

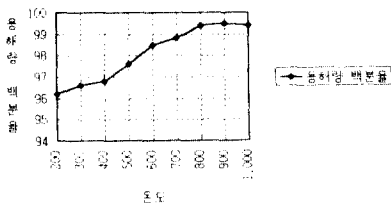


Fig IV-7. 여과지 및 잔분량의 강열 처리 온도와 용해량 백분율

강열 처리 온도 500℃에서는 용해량 백분율이 전 실험에서와 같이 거의 97.5%로 되고 있다. 실험에 사용된 여과지는 700℃에서 완전 연소되고, 완전 연소 시 잔류재의 량이 0.27mg이다. 強熱 溫度가 700℃이상에서는 용해량 백분율이 거의 99% 이상으로 나타나고 있어, 여과지는 거의 완전히 연소가 되는 것으로 간주된다. 실험에 사용된 시멘트의 불용 잔분량이

0.38%정도 이므로, 強熱 溫度別 실험시, 강열 처리 온도 500℃의 불용잔분량은, 여과지의 잔류재 량과 불용 잔분량 때문에 시멘트량 2.5% 정도의 잔분량이 존재하는 것으로 나타났다.

#### V. 결론

본 실험의 주요 구성 성분인 글루콘산 나트륨 용액의 량과 質量濃度 및 溫度, 불용 잔분의 세정방법, 강열처리 온도에 관한 실험을 실시하여, 분석 고찰한 결과는 다음과 같다.

1. 시멘트를 용해하기 위하여 글루콘산 나트륨 용액의 량을 300ml, 質量濃度 15%, 溫度 60℃, 교반시간 30분으로 결정하는 것이, 미수화 및 수화 시멘트 용해에 효과적이라는 것을 알 수 있었다.
2. 여과후 잔류물의 세정 방법은, 온수 (90℃)세정 3회 + 암모니아 용액(1+1) 세정 2회 + 온수 세정 2회로 실시하는 것이 세정 효과가 크게 나타났다.
3. 강열 처리 온도의 선정 시험에서 결합수의 이탈 및 여과지의 灰化을 위한 강열 처리 온도는 500℃로 결정 하였다.
4. 글루콘산 나트륨 용액 (량 300ml, 質量濃度 15%, 溫度 60℃)으로 시멘트 용해 실험을 하면, 시멘트의 용해량 백분율은 97.5%로 나타나므로 단위 시멘트량 추정 시험에서는 시멘트량에 대해 2.5% 정도의 보정이 필요한 것으로 나타났다.
5. 본 실험에서 강열 처리 온도를 500℃로 실험을 하면, 단위 시멘트량 추정 시험에서는 강열 온도 1,000℃ 때의 수화시멘트 결합수의 미이탈량 (시멘트량에 대해 7~9% 정도)에 대해 보정이 필요한 것으로 나타났다.

#### 참고문헌

1. 文炳烈 外 4人 共譯. 無機化學. 光林社. 1995.
2. ASTM C 85-66, "Standard Test Methods for Cement Concrete of Hardened Portland Cement Concrete"
3. ASTM C 114-85, "Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement"
4. 小林一輔, 河合研至., 硬化 콘크리트中의 세멘트 量의 推定方法 (I) 生産研究. 1987.9
5. 横山 滋, 蘇本 泉, 高野 風., 硬化 콘크리트의 配合推定方法. 콘크리트 工學 年次 論文 報告輯 1992.