

# Castable 경시변화와 방지기술

이의명 · 문일균\*

<조선내화>

## 1. 서 언

□ Castable은 결합제의 종류에 따라 다양하게 분류된다.

- 1) Cement -Bond Castable
- 2) Clay-Bond Castable
- 3) Resin-Bond Castable
- 4) Non Cement-Bond Castable
- 5) 기타

□ Cement -Bond Castable은 대개 Cement 사용량에 따라 일반 Castable Low-Cement Castable(LCC), Ultra-Low-Cement Castable (ULCC) 등이 사용되어지고 있다.

□ Castable은 사용개소 조업조건 가혹화, 내용성 향상등 사용자의 요구에 따라 치밀한 구조체 형성 가능한 Low-Cement Castable의 사용 비율이 높아지고 있는 추세이다.

□ Castable의 구성은

- 1) 내화골재 및 미분
- 2) 결합제인 Alumina Cement
- 3) 작업성 및 물성 향상을 위한 초미분 Silica Flour, Calcined Alumina
- 4) 첨가제(분산제,경화조정제)인 Binder 등으로 구성되어 있다.

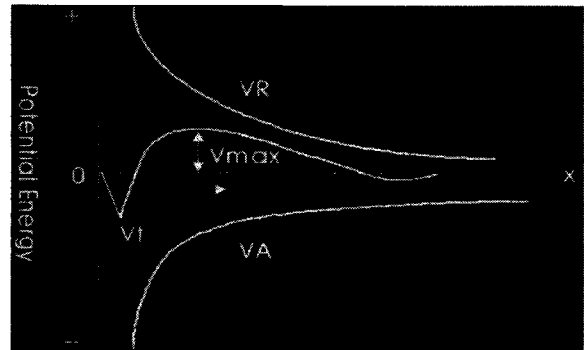
□ Castable의 문제점으로는

- 1) 구성 원료중 Binder, Silica Flour, Alumina Cement 등은 보관중 경시변화 발생이 쉽

게 일어나며,

- 2) 설계시의 작업성(경화시간, 유동성등) 유지가 곤란하기 때문에 시공시 문제의 발생 가능성이 매우 높다.

□ LCC Castable의 경화 Mechanism

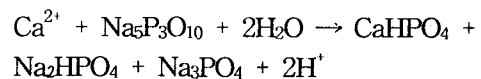


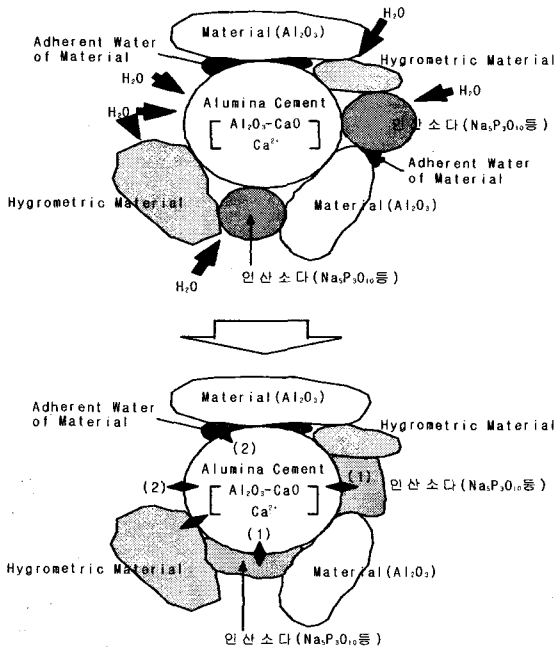
1) 2개의 입자가 접근할 때 Potential Energy (Vt)는 정전기적인 반발력(VR)과 반데르발스 인력(VA)에 의해서 결정된다.

2) 분산계내의 Vmax 높낮이 조절을 위해 경화조정제를 첨가하므로써 응집속도 조정, 즉 경화시간 조정이 가능하다.

## 2. 경시변화 발생 Mechanism (추정)

1) Alumina Cement중의 Calcium ion과 Binder 인 인산소다 및 흡습성 원료의 흡습에 따른 원재료 부착수분과의 반응





위식은 시간의 경과에 함께 진행 ☞ 불용성인 인산수소칼슘 생성 ☞ Alumina Cement 표면피복 ☞ Cement 수화반응 저해

- 2) Alumina Cement(12CaO·7Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등)와 수화반응이 시간의 경과와 함께 진행 ☞ 칼슘알루미늄에이트(2,3,4CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·NH<sub>2</sub>O)가 생성 ☞ Alumina Cement 표면피복 ☞ 시공시 초기 수화반응 속도 지연
- 3) 인산소다의 흡습 및 조해 ☞ 가수분해에 의한 Castable 변질

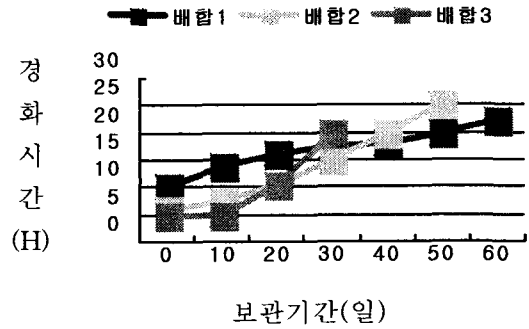
### 3. 경시변화의 실제

#### 3.1 흡습성 Binder 배합

##### 1) 배합내역

	배합 1	배합 2	배합 3
샤모트	77	77	77
하소 Alumina	15	15	15
초미분 실리카	4	4	4
ALC	4	4	4
흡습성 Binder	a	2a	3a
첨가수분(%)	8.0	8.0	8.0

#### 2) 배합별 보관기간에 따른 경화시간



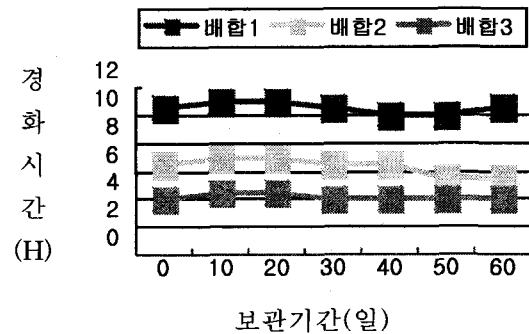
- ☞ 흡습성 Binder를 ALC 4% 사용하면서 일정 비율로 증량시킨 결과 보관기간이 경과할수록 흡습성 Binder의 흡습에 따라 불용성인 인산수소 칼슘 생성에 따른 표면피복으로 경화시간이 지연된다.
- ☞ 흡습성 Binder의 양이 증가할수록 경화시간이 급격히 증가함을 알 수가 있다.
- ☞ 이처럼 제조후 경화시간과 제품 납품후 보관기간에 따라 경시변화 발생 소지를 내포하고 있다.

#### 3.2 무흡습성 Binder 배합

##### 1) 배합내역

	배합 1	배합 2	배합 3
샤모트	77	77	77
하소 Alumina	15	15	15
초미분 실리카	4	4	4
ALC	4	4	4
무흡습성 Binder	a	2a	3a
첨가수분(%)	8.0	8.0	8.0

#### 2) 배합별 보관기간에 따른 경화시간



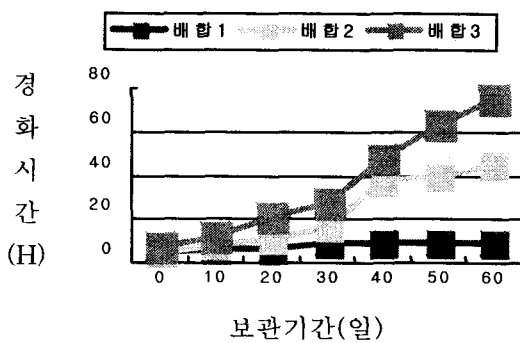
- ☞ 무흡습성 Binder를 일정비율로 증량시킨 결과 보관기간이 경과하여도 경화시간에 미치는 영향은 미비한 것을 나타냈다.
- ☞ Binder 양이 증가함에 따라 경화시간이 단축되는 것을 알 수 있는데 이는 사용량 증대에 따라 PH가 알카리성으로 시멘트의 수화반응을 촉진시켜 일어나는 현상이다

### 3.3 초미분 실리카 배합

#### 1) 배합내역

	배합 1	배합 2	배합 3
샤모트	77	77	77
하소 Alumina	18	15	12
초미분 실리카	1	4	7
ALC	4	4	4
흡습성 Binder	a	a	a
경화제	6b	3b	B
첨가수분(%)	8.6	8.0	7.4

#### 2) 배합별 보관기간에 따른 경화시간



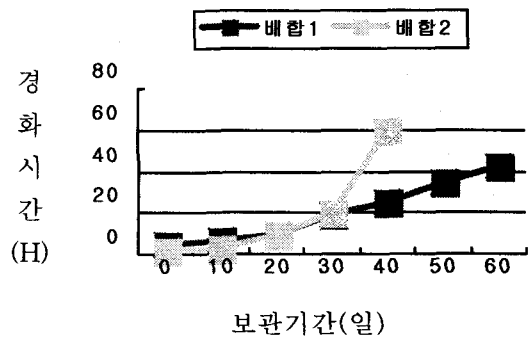
- ☞ 초미분 실리카 사용시 보관기간 증가에 따라 경화시간 지연된다
- ☞ 경화제를 다량 사용하는 1번 배합의 경우 보관기간과는 무관한 결과를 나타냈다.
- ☞ 초미분 실리카 증량시 수분 감소효과가 있는 것을 알 수 있다.

### 3.4 시멘트 사용 배합

#### 1) 배합내역

	배합 1	배합 2
샤모트	77	77
하소 Alumina	17	14
초미분 실리카	4	4
ALC	2	5
흡습성 Binder	a	a
경화제	b	2b
첨가수분(%)	8.6	8.0

#### 2) 배합별 보관기간에 따른 경화시간



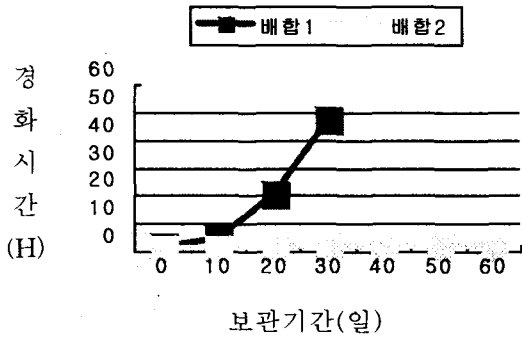
- ☞ 알루미나 시멘트 사용시 보관기간의 증가에 따라 경화시간이 지연된다.
- ☞ 알루미나 시멘트 증량시에는 첨가수분은 감소하나, 경화제를 사용하여도 시일이 증가함에 따라 경화시간이 길어진다.
- ☞ 따라서 경시변화 방지를 위해서는 시멘트 사용량을 최소화할 필요가 있다.

### 3.5 Binder 흡습성 유무 배합

#### 1) 배합내역

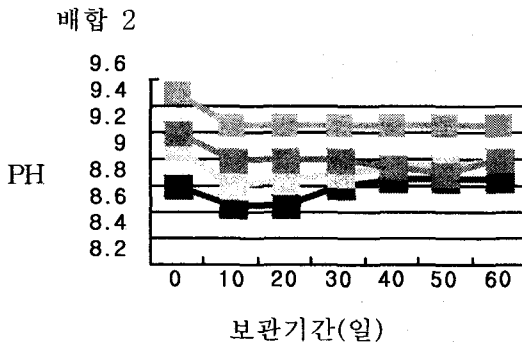
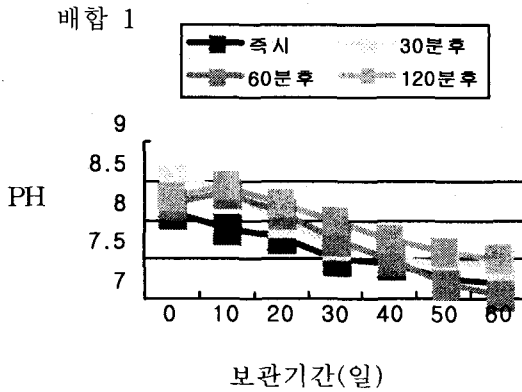
	배합 1	배합 2
초미분 실리카	50	50
ALC	50	50
흡습성 Binder	유(a)	무
경화제		A
첨가수분(%)	40	40

2) 배합별 보관기간에 따른 경화시간



- ☞ 흡습성 Binder 사용시 ALC와 초미분 실리카에 영향을 미쳐 경화시간이 급격히 지연됨을 알 수 있다.
- ☞ 흡습성 바인더를 사용하지 않으면서, 경화제 사용시 기간이 경과해도 경시변화가 발생하지 않는다.
- ☞ 경시변화 발생을 최소화하기 위해서는 현장 시공시 경화제 투입 등 조치 검토도 필요한 것으로 사료된다.

3) 배합별 보관기간에 따른 PH 변화



- ☞ 흡습성 Binder 사용시 ALC와 초미분 실리카에 영향을 미쳐 보관기간 및 시험후 시간에 따라 PH가 떨어짐을 알 수 있다.
- ☞ 이는 경화지연 지연과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.
- ☞ 무흡습성 Binder와 경화제 사용 배합에는 PH 변화가 거의 없음을 알 수 있는데, 이는 경화시간 DATA와 같은 경향을 나타낸다.

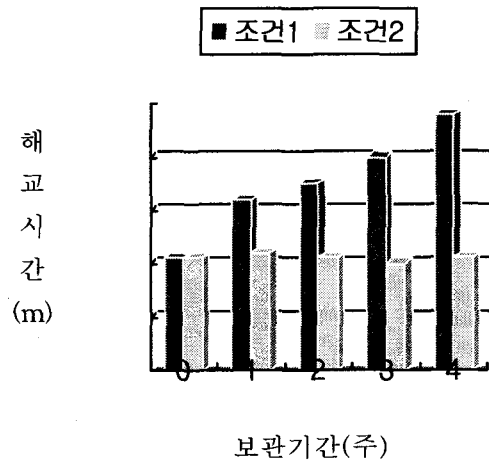
4. 경시변화 방지기술

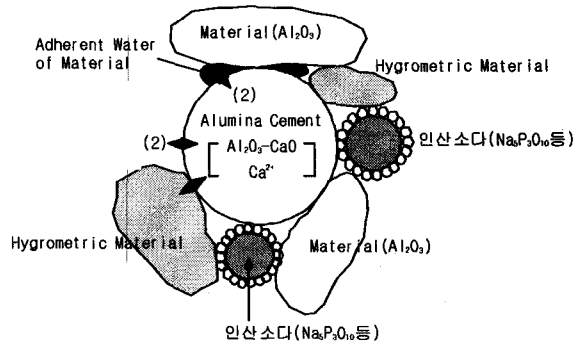
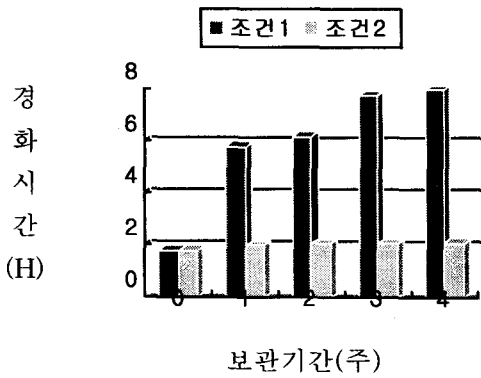
4.1 개선방안

- 1) 흡습성이 강한 Binder의 마이크로캡슐화에 따라 흡습성 억제
- 2) 초미분 원료의 고속 Mixing 첨가
- 3) 흡습성이 없는 Binder 사용
- 4) Non Alumina Cement Castable화
- 5) 흡습성 원재료와 Main 재료의 차별화
- 6) 적기 제조하여 사용하거나 Dry 상태로 보관
- 7) 제조시 혼련시간 연장
- 8) 사용시 Castable의 경시변화에 대한 인식필요하며, User와 Maker간에 유기적 협조체제 구축
- 9) 기타

4.2 개선내용의 예

- 1) 보관조건



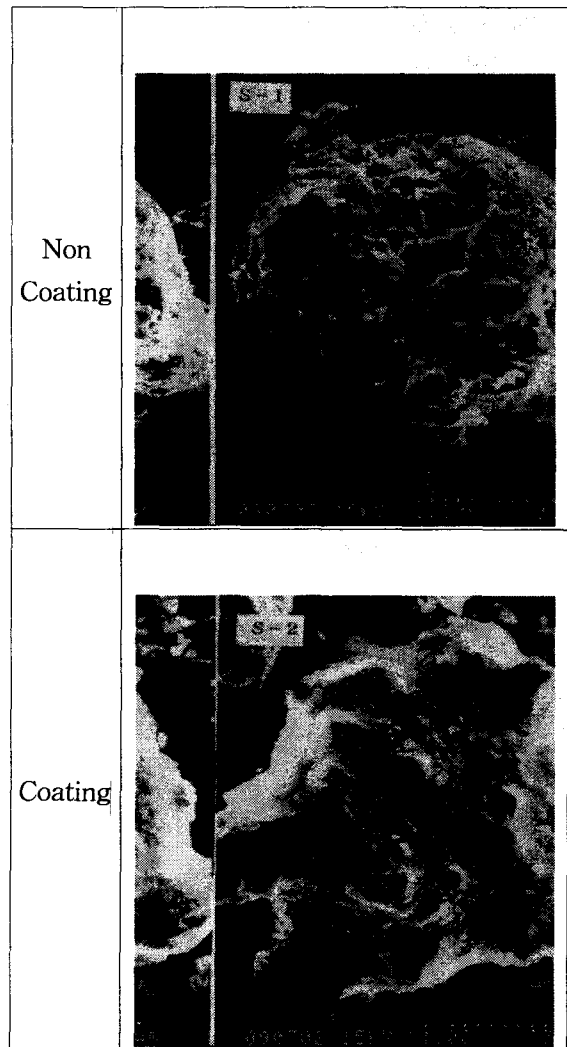


	배합1	시험조건
골재	88	보관조건 1: 습도 80~90% 보관조건 2: 습도 0% 보관
하소 Alumina	4	
초미분 실리카	4	
ALC	4	
흡습성 Binder	A	
첨가수분(%)	6.8	

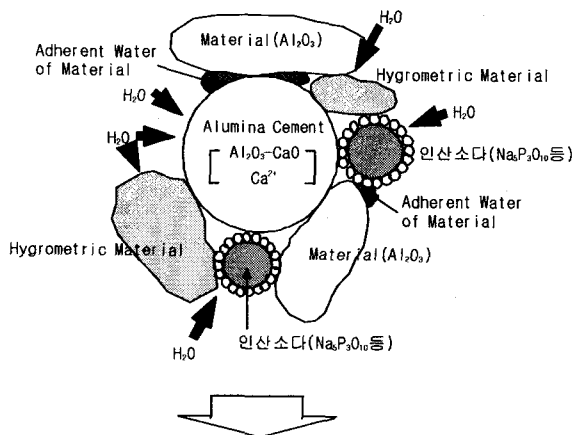
◆ 캡슐 제조방법은 인산소다에 Super-fine Silica Flour 고속 교반시켜 인산소다 표면에 Super-fine Silica Flour를 Coating 한다.

- ☞ 습도가 높을 때는 해교시간이 늘어나는 경향을 보이는데 이는 경시변화 발생소지가 높음을 알 수 있다.
- ☞ 습도가 높을 때는 경화시간도 경시변화에 따라 급격히 늘어나는 것을 알 수 있다.
- ☞ 따라서 경시변화 방지를 위해서는 습도가 적은 장소에 Castable을 보관하는 것이 바람직하다.

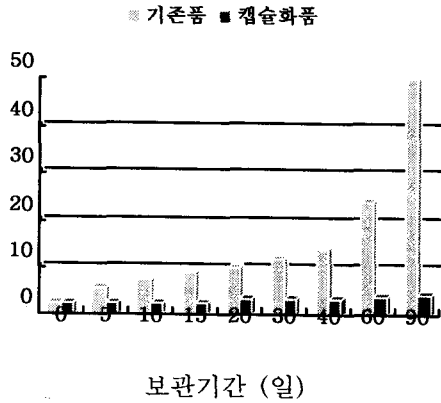
◆ 사진



2) Binder 캡슐화



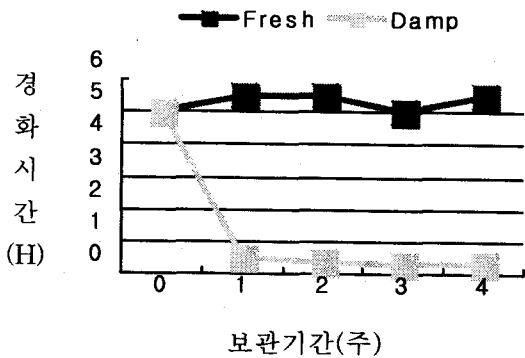
◆ 캡슐화 전후의 보관기간에 따른 경화시간 추이



▶ 흡습성이 있는 Binder의 Super-fine Silica Flour 고속 교반시켜 Coating 결과 보관기간 경과에 따른 경화시간 변화가 거의 없어 효과적인 방안으로 판단된다.

3) 시멘트 종류변화

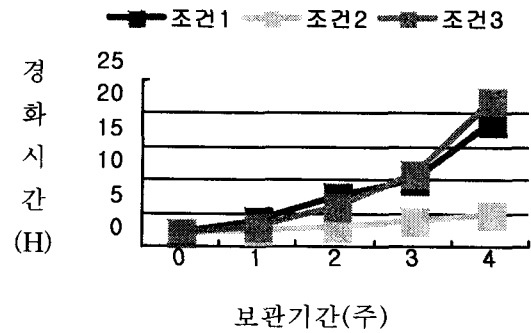
	배합1	시험조건
골재	88	보관조건 1: Fresh Cement 보관조건 2: Damp Cement
하소 Alumina	4	
초미분 실리카	4	
ALC	4	
흡습성 Binder	a	
첨가수분(%)	6.8	



▶ 제조기간이 오래된 알루미나 시멘트 사용시 보관기간이 경과함에 따라 경화시간이 단축되어 급경 발생 가능성이 크다

3) Mixing 방법 변화

	배합1	시험조건
골재	88	미립부 mixing 조건 조건1 : Non-Mixing 조건2 : 10분 Mixing 조건3 : 20분 Mixing
하소 Alumina	4	
초미분 실리카	4	
ALC	4	
흡습성 Binder	a	
첨가수분(%)	6.8	



▶ Mixing 시간이 10분 일 때 경시변화 현상이 적은 것으로 나타나고 있다. (지속적인 연구 필요)

4) 기타

- ▶ Non-Cement 결합 Castable 개발 적용
- ▶ Castable을 장기 보관할 경우 경시변화는 배가하므로 사용 시점 적기 구입 및 적기 사용 필요
- ▶ 흡습성 원재료인 ALC, Binder와 Main 재료를 별개로 포장한 다음 사용처에서 Mixing하여 사용(생선성 및 혼돈우려)
- ▶ Castable은 결합체로서 알루미나 시멘트를 사용하기 때문에 경시변화가 있다는 사실을 User, Maker 공동 인식하고 사용 시점에서 유기적으로 협조체제를 구축하여 사용 (시공요령서 활용)

## 5. 고 찰

### 제조업체 측면

- 제품의 경시변화를 최소화
- 흡습성이 있는 원재료 사용 최소화
- 적기에 제조하고, 재고량 최소화
- 경시변화를 줄일 수 있는 새로운 Binder system 개발

### 사용업체 측면

- Castable 특성상 온도 및 사용원료에 따라 경시변화가 발생할 수 있음을 인지
- 사용장소에 따라 가사시간 및 경화지연의 지연의 문제점이 있으므로 Maker와 유기적인 협조체제 구축 등이 필요