

# Cement 공장용 고강도 치밀질 Self Leveling Castable

김인규 · 이의명\* · 최광철  
(조선내화(주))

## 1. 개 요

Cement 공장에 사용되는 내화물은 시공의 간편성 보수시간 단축, 성력화 등의 잇점으로 부정형 적용이 점점 확대되고 있는 추세이며 그 중 시공이 용이한 castable 내화물이 가장 광범위하게 사용되는데 현재까지는 제품의 품질 향상 목적으로 저수분화, 치밀질화와 결합재인 alumina cement의 사용량감소 등의 연구가 집중되어 재료의 품질면에서는 괄목할만한 발전이 이루어졌다. 그러나 시공성 면에서는 치밀화, 저수분화에 따라 점성의 증가로 유동성이 저하되어 철저한 혼련, vibrating 실시 등 정밀시공을 실시치 않으면 요구물성이 발현되지 않는 문제점이 발생하고 최근의 숙련 시공인력의 부족과 힘든 작업의 기피로 시공능률 향상면에서 castable 개선이 필요하게 되었다.

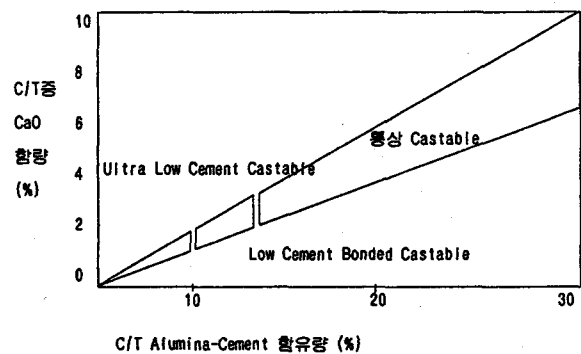
그래서 본 연구에서는 cement 공장에서 사용되는 시공성 및 유동성이 취약한 치밀질, 고강도 치밀질 및 특수용 castable에 대해 사용원료 적정형상화, 적정 입도구성 및 적정 분산해교 binder의 사용 등으로 기존제품과 물성이 유사하며 혼련시 저수분을 첨가하여도 유동성을 발휘하여 시공시 vibrating을 실시치 않아도 자기 유동성에 의해 self leveling화 되는 특성을 갖으며 cement 공장에서 castable 내화물의 주손상 요인인 마모에 대한 대책은 물론 원료 및 연료의 alkali 성분의 침투에 의한 체적팽창과 표면 박리 등이 적은 재질을 개발하였다.

본 개발품은 일반 mixer를 이용한 시공은 물론 혼련후 압송 혹은 pumping이 가능하여 작업난이

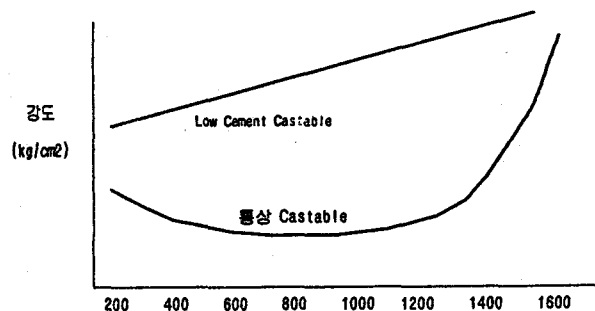
개소 및 고소작업 등에서 재료 혼련 및 압송이 가능한 특수전용 mixer를 이용 시공하면 재료 및 혼련물의 운반이송 등의 작업을 대폭 감소시켜 획기적인 작업시간 단축 및 성력화 등에 기여하고 있다.

## 2. Castable의 특성

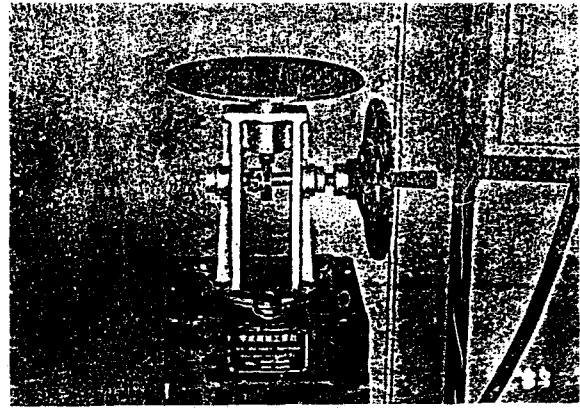
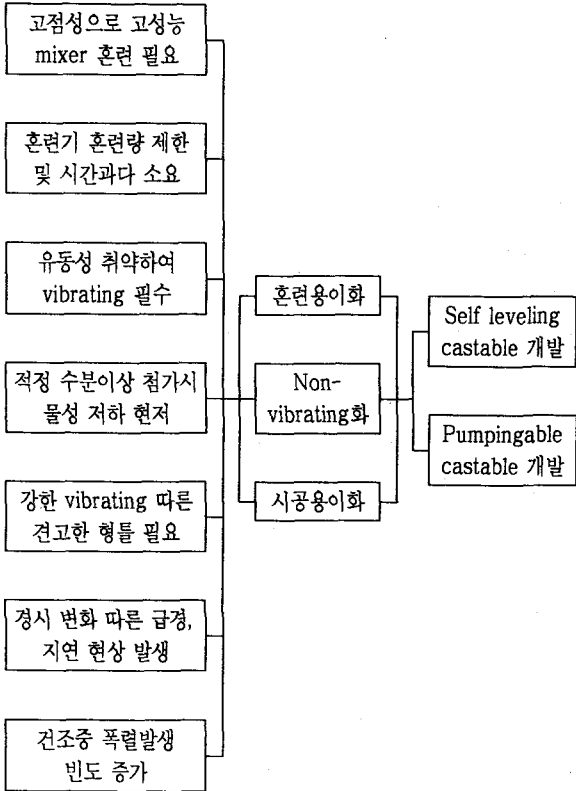
### 2-1 Alumina Cement 사용량에 따른 Castable 구분



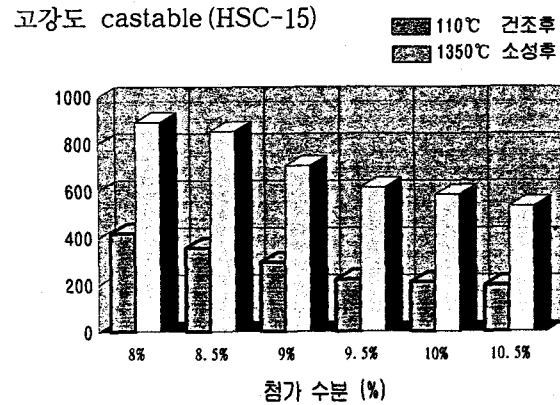
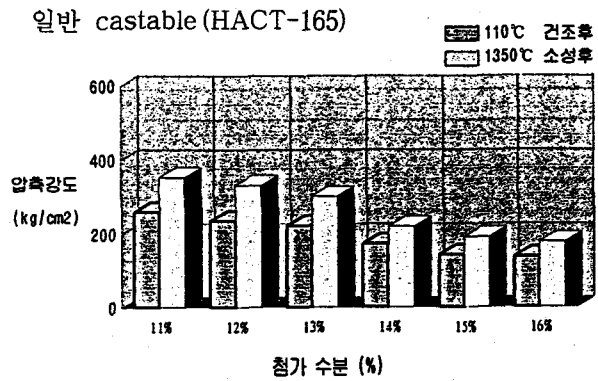
### 2-2 Castable 내화물의 소성온도에 따른 강도 변화



2-3 Low cement castable 시공장 문제점 및 개선 방향



2-5 첨가수량에 따른 물성변화



2-4 작업성 지수 (flow값)

Free flow	Flow 측정기 상부에 cone을 설치 내부에 castable을 충전한 후 cone을 빼내어 혼련물 유동이 멈추는 시점의 castable 퍼짐 상태를 mm단위로 측정
Tap flow	Free flow 측정 후 측정기의 Tap을 15회 반복 타격한 후 castable 퍼짐 상태를 mm단위로 측정

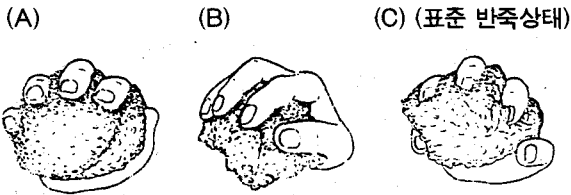
• Castable별 flow값 비교

	Free flow	Tap flow
일반 castable	120≤	170≤
치밀질 castable	100-105	130≤
일반 leveling castable	170≤	-

2-6 첨가수량 결정 (KS L 3503-1992)

- 가) 캐스타블 내화물의 강도 시험방법(수량의 결정방법)
- Castable을 혼련기구 이용 수분 첨가하면서 혼련하여 혼합물을 손으로 공모양으로 뭉치고 약 30cm 위쪽으로 던져서 이것을 한손으로 받아 하기 그림의 C(표준 반죽상태)가 될 때까지 수분을 첨가한다.

- 표준 반죽상태에 달했을 때 사용한 수량을 캐스타블 내화물의 건조 무게에 대한 백분율로 산출 첨가수분량으로 삼는다.

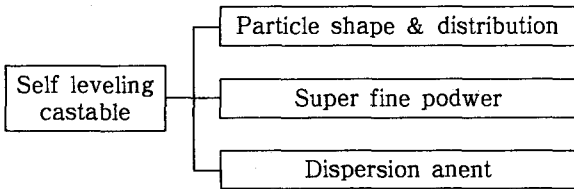


- (A) 거의 편형하여 혼합물이 손가락 사이에서 밖으로 나온 상태
- (B) 거의 형태가 변하지 않아 혼합물이 손가락 사이로 나오지 않는 상태
- (C) 약간 편형해서 혼합물이 손가락 중간 정도까지 나온 상태

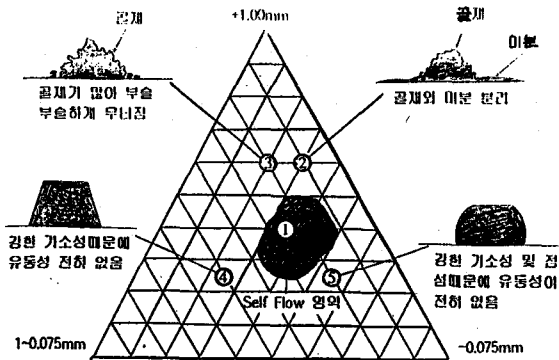
### 3. 개발 개요

#### 3-1 개발 방향

##### 가) 유동 특성

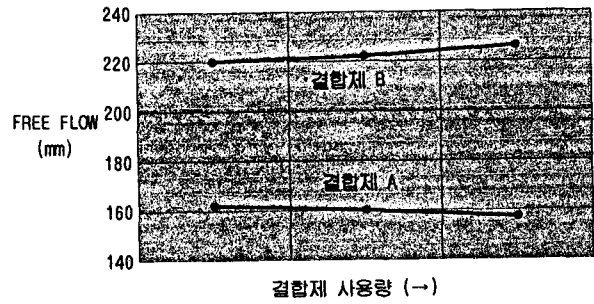


##### 나) Castable 입도구성과 유동성



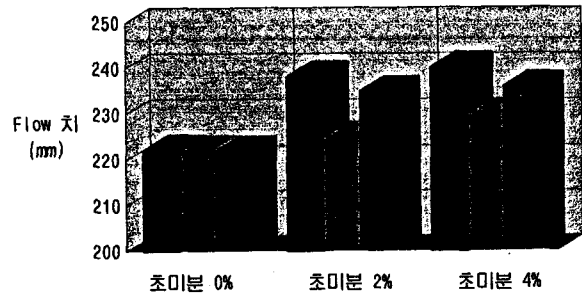
##### 다) 결합제 변화

- 결합제 종류 및 첨가량 & castable 유동성 영향
- 결합제 종류 : 결합제 A, B 2종



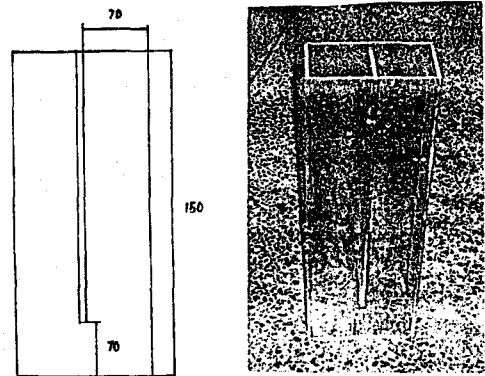
##### 라) 초미분 첨가

- 초미분원료 첨가 & 유동성 영향
- 초미분 종류 : A (0.2-0.5 $\mu$ m), B (2.8 $\mu$ m), C (0.5-1 $\mu$ m)

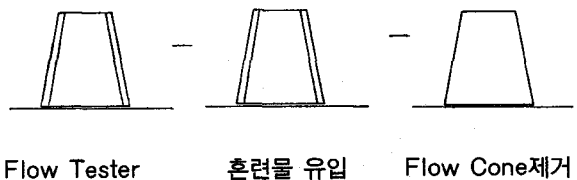


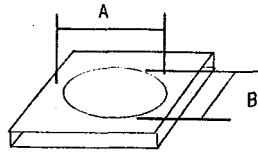
#### 3-2 유동성 측정 방법

##### 가) U자관 시험



##### 나) Flow 측정





5분후 Self Flowing

Self Flow치 측정

$$\text{Self Flow치} \frac{A+B}{2} \text{ mm}$$

3-3 개발품 특성

가) 작업성 및 일반 물성

• 일반용 castable

구 분		기 존 castable	Self leveling castable
품 명		HACT-165	NVC-60
화학성분 (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	58.13	60.38
	SiO <sub>2</sub>	33.94	32.27
첨가수분 (%)		12	7.4
작업성 (m/m)	Free flow	130	250
	Tap flow	180	-
부피비중	110°C×24hrs	2.26	2.36
	1500°C×24hrs	2.13	2.29
선변화율 (%)	110°C×24hrs	0	-0.03
	1500°C×24hrs	-0.09	0.75
압축(곡) 강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	110°C×24hrs	234 (54)	468 (69)
	1500°C×24hrs	546 (138)	1125 (198)
기공율 (%)	110°C×24hrs	19.37	14.33
	1500°C×24hrs	13.99	15.95

• 고강도 치밀질 castable

구 분		기 존 castable	Self leveling castable	
품 명		HSC-18SC	SFC-90SC	SFC-90W
화학성분 (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	93.7	93.9	93.9
	SiO <sub>2</sub>	4.3	5.0	5.0
첨가수분 (%)		4.0	5.0	5.0
작업성 (m/m)	Free flow	100	185	180
	Tap flow	120	-	-
부피비중	110°C×24hrs	3.10	3.05	3.06
	1500°C×24hrs	3.15	3.11	3.10
선변화율 (%)	110°C×24hrs	-0.03	-0.03	-0.03
	1500°C×24hrs	-0.53	-0.63	-0.13

구 분		기 존 castable	Self leveling castable	
품 명		HSC-18SC	SFC-90SC	SFC-90W
압축(곡) 강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	110°C×24hrs	1189 (184)	1134 (212)	1094 (181)
	1500°C×24hrs	1863 (367)	1825 (421)	1850 (400)
기공율 (%)	110°C×24hrs	7.56	7.90	8.02
	1500°C×24hrs	12.59	12.35	11.26

나) 작업성 비교

• 기존 치밀질 castable

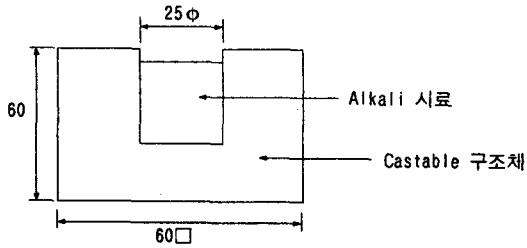
시험 내용 사진	
Flow cone 내에 혼련물 채운 상태	
Flow cone 제거한 3분 후의 상태	

\* Self leveling castable

시험 내용 사진	
cone을 제거한 직후의 상태 (제거 즉시 퍼짐현상 발생)	
cone을 제거한 3분 후의 상태	

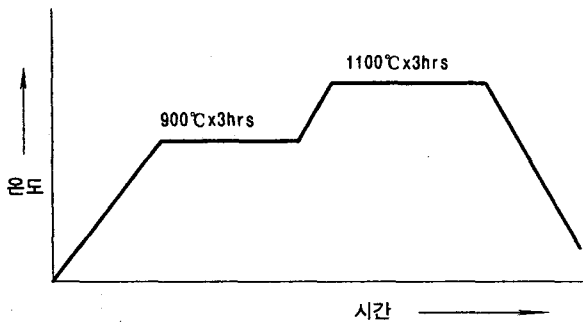
다) Alkali test

(1) 공시체



(2) Alkali 시료 :  $K_2SO_4 + NaSO_4 = 7 + 3$

(3) 시험온도

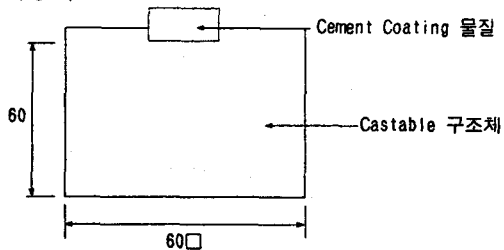


(4) 시험결과

Cup test 후 단면절단 사진	
일 반 castable	<p>NVC-165      HACT-165</p>
고 강도 castable	<p>HSC-18SC      SFC-90SC      SFC-90W</p>

라) Cement coating 물질과 반응 test

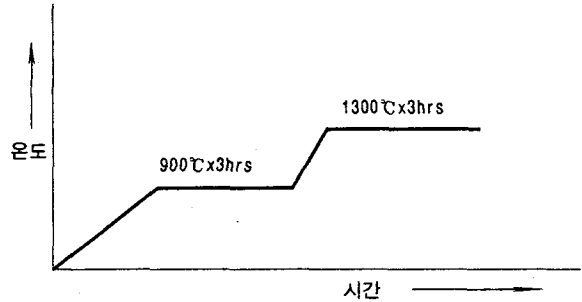
(1) 시공체



(2) Coating 물질 :

portland cement +  $K_2SO_4 = 65 + 35$

(3) 시험온도



(4) 시험결과

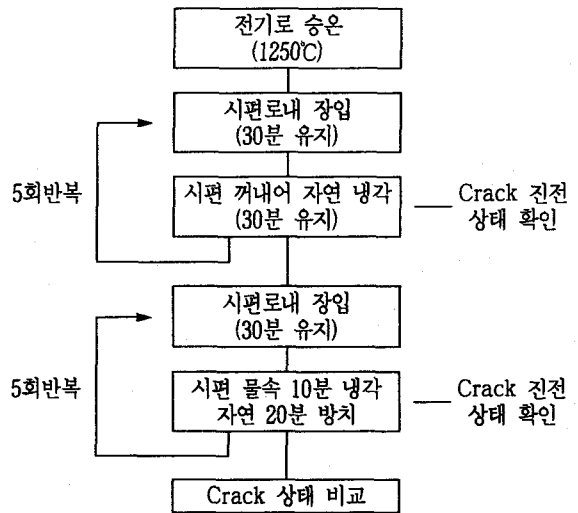
Cup test 후 반응상태	
일 반 castable	<p>NVC-165      HACT-165</p>
고 강도 castable	<p>HSC-18SC      SFC-90SC      SFC-90W</p>

마) Spalling test

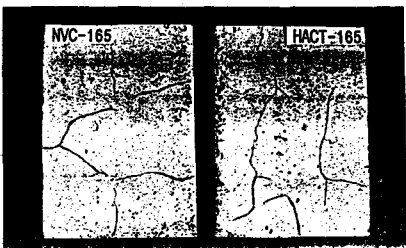

(1) 시험기기 : 전기로식 spalling로

(2) 시편크기 :  $200 \times 114 \times 65 \text{ mm}$

(3) 시험방법



(4) 시험결과

시험 진행 결과			
일 반 castable		기 존 품	Self level
	최초 균열시기	공냉 3회	공냉 3회
	최종 상태	중, 소 crack 발생	중, 소 crack 발생
	모서리 탈락 여부	없 음	없 음
			
고 강도 castable		기 존 품	Self level
	최초 균열시기	수냉 1회	수냉 1회
	최종 상태	소 crack 발생	소 crack 발생
	모서리 탈락 여부	없 음	없 음
			

	기존 시공 방법	압송 시공 방법
주요 특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 혼련 능력 취약</li> <li>* 혼련물 수동 이송으로 작업인원 및 시간 소요</li> <li>* 혼련물 이송중 급경 발생</li> <li>* 소량 시공처에 적합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 대용량 혼련 가능</li> <li>* 혼련물 수동 이송 불필요</li> <li>* 혼련물 자동압송으로 고소작업 장거리 시공처에 적합</li> <li>* 이송중 미분골재 분리 가능</li> <li>* 고유동성 요구</li> </ul>

• 압송시공기 주요 사양

품 명	ESTROMAT (독일 UELZENER사)	
압 송 용 량	8m <sup>3</sup> /hr	
시공소요시간(분)	3(재료투입) → 3(혼련) - 4(압송) : 총 10분	
압송거리	수직	25m (특수 C/T : 15m)
	수평	40m

5. 결 론

Castable 혼련 및 시공의 용이화, 과다수분 첨가에 따른 물성저하 방지 등을 위해 시공시 vibrating 작업이 불필요한 self leveling castable을 개발 시험한 결과

- ① 적정 입자형상 및 입도조정
- ② 적정 초미분 원료의 사용
- ③ 적정 결합제 및 분산제의 사용에 의해

저수분으로도 혼련성이 양호하여 self leveling 가능한 일반용 castable은 물론 cement 공장에서 주로 사용하는 고강도 치밀질 castable 및 특수용인 SiC castable에 까지 유동성이 양호하고 제 특성이 양호한 제품을 개발하여 user의 호평 속에 급속 확대 사용중에 있으며 아울러 시공의 성력화를 위해 최근 도입하고 있는 압송 시공 설비에도 적용한 결과 양호한 압송성을 나타내는 pumpingable castable으로서의 기능을 다하고 있다.

향후 castable 혼련 및 시공의 간편화, 성력화 및 시공 품질확보 시공체의 사용 수명연장을 목적으로 self leveling castable의 적용 및 압송 설비의 도입이 급속 확대되어 기존 vibrating type의 castable과 시공 방법을 대체할 것으로 예상됩니다.

4. 압송 시공

	기존 시공 방법	압송 시공 방법
시공 Flow	Castable 혼련기내 투입 (200-500kg)	Castable 혼련기내 투입 (1000kg)
	Castable 혼련	Castable 혼련
	혼련물 배출	혼련물 압송 배출
	혼련물 운반통 투입	
	운반통 이동	
	시공처 투입	시공처 투입