

# CSA계 팽창재를 사용한 무수축콘크리트의 도로포장 현장적용 사례연구

## A Field Application of Non-shrinkage Concrete Pavement using CSA Expansive Additive

이재한\*      송경환\*\*      최일규\*\*      김창률\*\*      민경소\*\*\*  
Lee, Jae-Han   Song, Kyung-Hwan   Choi, Il-Gyue   Kim, Chang-Ryul   Min, kyung-So

---

### ABSTRACT

From a viewpoint of construction cost and preserving management of pavement, a policy of domestic pavement was gradually spreaded concrete pavement rather than asphalt. But the use of concrete with ordinary portland cement has shortages, such as dry-shrinkage, low flexual strength, etc. In order to overcome these problems, the concrete pavement using CSA expansive additive(Non-Shrinkage Cement) was studied and carried out the field application. As the result, we find out Non-Shrinkage Cement that was distinguished in short-term construction by increasing flexual strength, shrinkage compensating and low-heat evaluation compared with OPC concrete

---

## 1. 서론

### 1.1 연구배경 및 목적

국내 도로포장 정책이 아스팔트포장에서 콘크리트포장으로 점차 확대 적용되고 있는데, 이는 아스팔트포장에 비해 초기공사비가 약 10%정도 절감되며 아스팔트포장의 수명은 10~15년 정도로 4, 5년마다 오버레이(overlay)를 해야되지만 콘크리트포장은 한번 시공에 20년이상 사용으로 도로유지비를 절감시킬 수 있기 때문이다. 또한 아스팔트포장은 얇은 층의 시공이 가능하고 도로개통시기가 짧지만 기 후조건 및 교통량의 증대로 인한 루팅(rutting) 현상 등 내구성 및 내마모성이 등의 단점이 있다.

---

- 1) \*한라시멘트(주) 기술연구소 연구원
- 2) \*\*한라시멘트(주) 기술연구소 주임연구원
- 3) \*\*\*한라시멘트(주) 기술연구소 책임연구원, 공박

보통포틀랜드시멘트를 사용할 경우, 공기단축이 힘들고(현행 도로개통시기 28일), 건조수축, 수화열에 의한 균열발생 및 내구성저하가 문제시 되고 있으며, 특히 공기단축을 통한 비용절감 방안이 요구되고 있는 실정이다.

본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 CSA(칼슘설포알루미네이트)계 팽창제를 사용하여 무수축시멘트를 제조하였다. 또한, 향후 도로포장적용시 가능성을 타진하기 위하여 현내-옥계간 교량접속도로에 콘크리트 현장적용실험을 행하였다.

## 2. CSA계 무수축시멘트의 특성

### 2.1 성분

CSA계 무수축시멘트는 표 1과 같이 다량의  $Al_2O_3$ ,  $SO_3$ 을 함유하고 있는데, 이 성분들은 미세한 침상의 에트링자이트(ettringite,  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ )를 생성시켜 조직을 치밀화시키고, 팽창성을 부여하여 건조수축을 저감시키는 수축보상시멘트(Shrinkage Compensating Cement)이다.

표 1 무수축시멘트의 화학성분

시료	성분	Ig-loss	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>
	보통포틀랜드		1.56	20.75	5.26	3.20	62.95	3.04
CSA계 무수축		1.28	23.92	9.42	2.43	54.18	3.89	4.86

### 2.2 물리특성

무수축시멘트의 14일 강도는  $393kgf/cm^2$ 으로 보통포틀랜드시멘트 28일 강도에 해당하며, 팽창제 사용으로 수중양생 7일 이후 기건양생하는 14일사이의 길이변화율은 보통포틀랜드시멘트보다 5배이상의 건조수축보상효과를 확인하였다. 또한 포졸란재료를 사용한 결과, 보통포틀랜드시멘트보다 저발열 특성을 나타내고 있다.(그림 2 참조)

표 2 무수축시멘트의 물리특성

특성	용결		압축강도 ( $kgf/cm^2$ )					길이변화 ( $\times 10^{-4}$ )					수화열 (cal/g)		
	초결 min	종결 hr	3일	7일	14일	28일	91일	3일	7일	14일	21일	28일	91일	7일	28일
보통포틀랜드	210	6:12	215	297	344	383	417	3.4	4.7	-2.6	-3.2	-3.7	-7.3	70	82
CSA계 무수축	123	4:53	213	322	393	463	520	3.4	3.5	2.2	0.6	-0.4	-1.1	73	78

그림 1은 무수축시멘트의 XRD로서 제령 28일에서도 조직을 치밀화시키는 에트링자이트(ettringite,  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ )가 관찰되고 있으며, 그림 2는 미소수화열을 측정한 것으로 초기발열이 억제되는 것을 볼 수 있다.

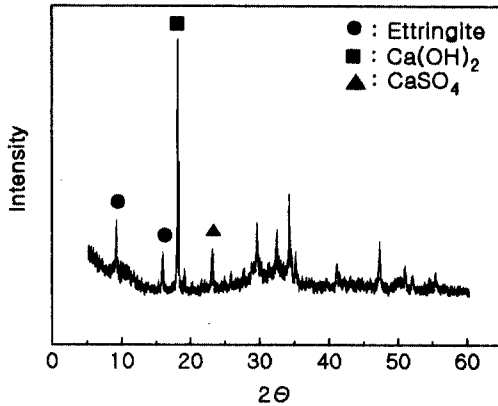


그림 1 무수축시멘트 XRD(28일)

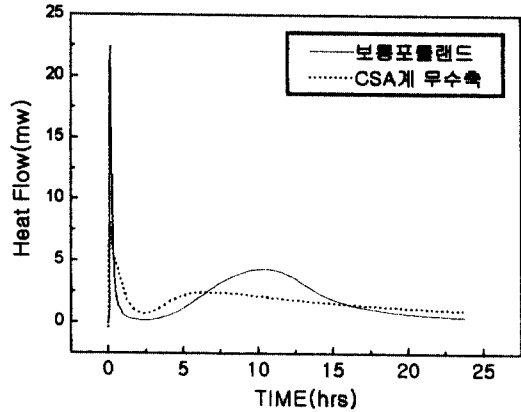


그림 2 Microcalorimeter

### 3. 시공배합

#### 3.1 사용재료

시멘트는 CSA계 무수축시멘트를 사용하였고, 굳지 않은 콘크리트의 퍼니쉬빌리티(finishability)와 양생후의 콘크리트 표면거칠기를 고려하여 잔골재중의 석분의 사용량을 20%로 하여 사용하였다.

표 3 골재의 물리적 특성

항목 골재	종류	최대치수 (mm)	조립율 (F.M)	표면건조 포화비중	흡수율 (%)	단위용적중량 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	실적율 (%)
잔골재	육사	-	2.78	2.52	1.24	1,660	67
	쇄사	13	3.45	2.72	1.20	1,550	60
굵은골재	쇄석	25	7.37	2.74	2.74	1,615	60

#### 3.2 배합비

배합설계는 25-240-12로 하였으며, 도로개통시기를 14일 기준(휨강도  $40\text{kgf}/\text{cm}^2$ )으로 하였다. 혼화

제는 리그닌계 AE감수제를 사용하였다.

표 4 현장타설 배합비

특성 종류	W/C (%)	S/a (%)	단위량(kg/m <sup>3</sup> )					Slump (cm)	공기량 (%)	
			W	C	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	G			혼화제 (CX0.3%)
보통포틀랜드	50	43	168	335	666	167	1124	1.005	12±1	4.5±0.5
CSA계 무수축										

#### 4. 현장개요

금번 무수축시멘트·콘크리트의 시공현장은 교량접속도로로서 약간 급경사 지역이고, 슬래브 두께는 25cm, 콘크리트 사용량은 182m<sup>3</sup>, 시멘트 소비량은 63톤 이다. 또한 포장슬래브에 와이어메쉬(wire mesh)를 깔고 그위에 콘크리트를 타설하였다.

표 5 현장개요

구 분	내 용
현 장 명	현내-육계간 남양교 접속도로
시 공 일 시	1997. 5. 10-11
배합설계 기준	25-240-12(휨강도 40kgf/cm <sup>2</sup> )
시 공 사	한라시멘트(주) 건설사업본부



사진 1 현장전경



사진 2 콘크리트 타설

타설콘크리트는 vibrator로 다짐을 하였고 다짐후 외기로부터의 보호를 위해 표면을 양생포로 덮어 주었다. 또한 하루 2차례씩 살수하면서 14일 동안 양생한후 조기도로개통을 하였다.(사진 3)

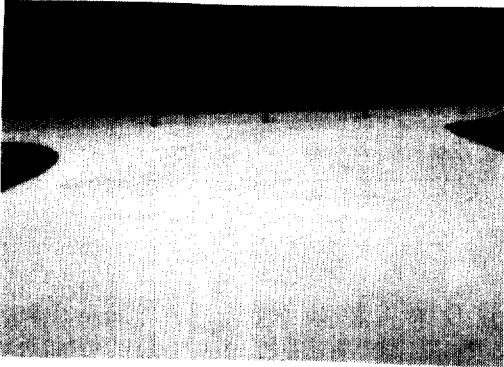


사진 3 도로개통(양생후 전경) 사진



사진 4 Strain gauge 및 Thermal sensor부착

보통포틀랜드시멘트·콘크리트와 비교하기 위해 현장에 도착한 2대의 레미콘에서 콘크리트를 샘플링하여 슬럼프와 공기량, 온도를 측정하고 표 6과 같은 특성을 파악하기 위해 공시체를 제조하였다. 또한 타설콘크리트에 Strain gauge 및 온도센서를 부착하여 시간경과에 따른 경시변화를 측정하였다. (사진 4)

표 6 물성시험 항목 및 측정

시험항목	재령	조건
압축강도, 휨강도	3, 7, 14, 28일	KS F 2405, 2407
길이변화	1,3일, 1주~4주	1주 수중양생후 기건양생,
마모율	14, 28일	시료(5×5×5cm, 2500±100g)와 강구(7개 : 3kg)을 L.A마모시험기에 넣고 회전, No.12로 수세후 무게감량 측정
콘크리트 내부온도	1~3일 : 1시간, 5~9일 : 6시간	Data Logger TDS-302(Tokyo sokki Co.)

## 5. 콘크리트 물성결과

### 5.1 압축강도 및 휨강도

무수축콘크리트의 14일 압축강도는 245kgf/cm<sup>2</sup>로 보통콘크리트의 28일 강도보다 우수하며 28일 강도도 282kgf/cm<sup>2</sup>로 보통콘크리트보다 47kgf/cm<sup>2</sup>높은 것으로 나타났다. 또한 14일 휨강도는 42kgf/cm<sup>2</sup>로 도로개통기준인 40kgf/cm<sup>2</sup>을 초과하여 조기개통의 가능성을 확인하였다.

표 7 타설 콘크리트의 강도측정 결과

특성	압축강도(kgf/cm <sup>2</sup> )				곡강도(kgf/cm <sup>2</sup> )		
	3일	7일	14일	28일	7일	14일	28일
보통포틀랜드	118	187	205	235	30	36	38
CSA계 무수축	164	215	245	282	33	42	47

### 5.2 길이변화율

무수축콘크리트는 3일 재령에서 보통시멘트·콘크리트보다 약 2배이상 팽창을 하여 양생초기에 콘크리트의 건조수축보상을 하였고, 3일재령에서 28일재령까지의 길이변화율은 보통시멘트·콘크리트보다 약 40%정도 보상효과를 보이고 있다.(그림 3)

### 5.3 콘크리트 내부온도변화

반응초기에는 도로포장콘크리트는 칼슘실포알루미네이트계 특수클린커와 석고에 의한 ettringite생성에 의해 타설직후 내부온도는 보통시멘트·콘크리트보다 약 4℃가량 증가하나 재령이 경과됨에 따라 차차 안정되어 가는 경향을 보이고 있다.(그림 4)

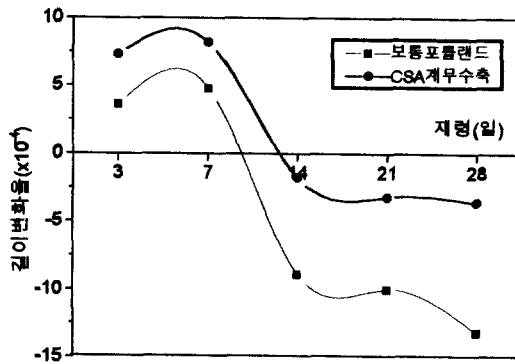


그림3 콘크리트 길이변화율

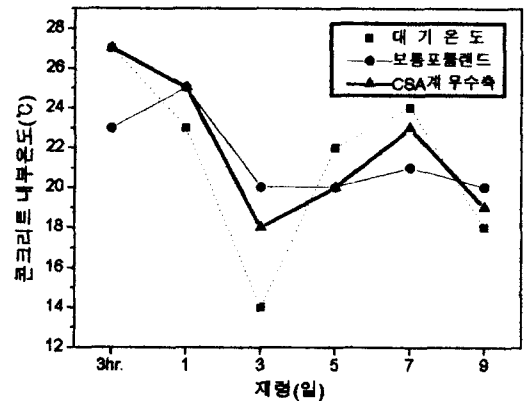


그림4. 콘크리트 내부온도변화

### 5.4 마모율

도로의 안전주행과 노면의 미끄럼, 특히 동절기의 스파이크타이어 사용으로 노면의 내마모성이 요구되고 있는데, 무수축콘크리트의 재령 28일 마모율은 33%로 보통콘크리트(40%)보다 내마모성을 나타내었다.