

CSA 팽창재를 사용한 무수축 콘크리트 현장적용사례 연구

Practical Application of Nonshrinkage Concrete Using CSA Expansive Additive

김병권* 조동원** 김상용*** 신영인***
Kim, Byung Kwon Cho, Dong Won Kim, Sang Yong Shin, young In

Abstract

In this study, use of CSA expansive additive for concrete is discussed, particularly applications to partial compacting the concrete structure of spillway gate located in Youngjong new airport construction field. Before the field applications, several basic laboratory test were carried out in order to clarify the material characteristics and to decide mix proportions.

As the result, the concrete using CSA expansive additive show similar workability and compressive strength to that of OPC concrete. Forethemore, it can be concluded that the use of CSA component is effective to prevent shrinkage crack and to achive volume stablily of concrete structure.

1. 서론

토목·건축 구조물의 안정성과 내구성을 증진하기 위해서는 엄격한 설계 및 시공관리와 함께 적절한 재료의 선택과 적용이 무엇보다 중요하다. 최근 건설기술의 발전과 함께 국내 건축·토목 구조물들도 점차 대형화, 고도화되고 있으며, 이러한 요구에 대응하기 위해 각종 신재료의 활용을 통한 고품질 시공의 노력도 이루어지고 있다.

콘크리트용 팽창재는 구조물의 건조수축 보상, 균열내력 증진, 수밀성 향상, 무수축성 내지 팽창성을 이용한 충전, 콘크리트 공장 제품의 케미칼프리스트레스 도입 등에 유용하여 선진국에서는 그 활용이 보편화되어 있다.

본 연구는 콘크리트용 팽창재로서 국가공업표준규격에 적합한 CSA 팽창재(K-type)의 적용에 관

* 쌍용중앙연구소

** 정희원, 쌍용중앙연구소

*** 쌍용양회공업(주)

한 것으로 특히 해수의 영향을 직접적으로 받는 구조물의 일부를 콘크리트로 충전함에 있어서 건조수축 및 균열 등에 의한 열화를 방지하여 내구성을 확보하는 것에 목적을 두고 실제 현장적용을 고려한 콘크리트의 배합 및 제반 특성을 검토하였으며 실구조물 적용사례로서 영종도 신공항 건설현장의 배수갑문 시공에의 적용 결과를 현장 콘크리트 성능, 경화체의 장기거동을 중심으로 고찰하였다.

2. 현장개요

무수축 콘크리트의 시공 현장은 영종도 신공항 남측 배수갑문 현장으로 남측, 북측 및 동측 3개소 중 1단계 시공현장이다. 타설부위는 수문지지부의 바닥면 10m(l)×0.7m(t)×0.8m(w) 규모 총 6개소, 벽체 10m(l)×1m(t)×1.5m(w) 규모 총 12개소 약 200m³로서 복잡형상의 철제빔이 내장되며 1차 콘크리트면에 의해 3면이 구속되는 조건으로 신규 콘크리트가 완전히 일체화를 이루고 해수의 침식에 의한 철제빔의 부식 및 열화를 방지하기 위해서는 무수축성과 수밀성이 요구되며 균열발생을 방지하도록 엄격한 품질관리가 요구된다.

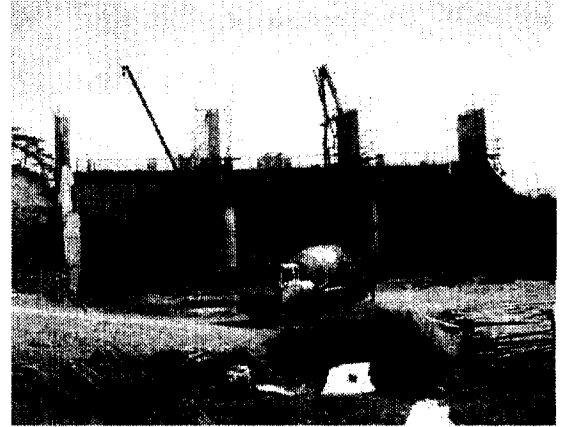


사진1 배수갑문 시공현장

표 1 무수축 충전 콘크리트 시공 현장

구 분	내 용
현 장 명	영종도 국제 신공항 남측 배수갑문 현장
타 설 부 위	수문 지지부 바닥 및 벽체 2차 콘크리트 충전
설 계 강 도	240kg/cm ²
시 공 사	H 건설 (주)

3. 실내 시험배합 및 특성평가

3.1 사용재료

시멘트는 S사 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며 굵은 골재는 영종도 석산(신불도) 골재를, 잔골재는 인천 세척 해사를 사용하였다. 팽창재는 KSF 2562 콘크리트용 팽창재 규격을 만족하는 S사의

표 2 콘크리트용 팽창재의 물리화학적 특성

구 분	화 학 조 성								물 리 특 성			압 축 강 도 (kg/cm ²)		길 이 변 화 (×10 ⁻⁴)	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	SO ₃	Ig. loss	비 중	비표면적 (cm ² /g)	1.2mm 잔분	7일	28일	1주	4주
CSA	3.5	13.2	0.8	49.0	0.9	0.6	30.5	1.5	2.85	3200	0	298	367	4.8	-1.3
KSF 2562					5.0↓			3.0↓		2000↑	0.5↓	150↑	300↑	3↑	-2↑

CSA 팽창재를 사용하였으며 그 특성은 표2와 같다.

3.2 시험배합 및 평가방법

3.2.1 콘크리트 배합

콘크리트의 배합은 설계강도 240kg/cm²에 할증계수를 고려하여 300kg/cm²을 목표로 하였으며 Plain 콘크리트의 현장배합을 기준으로 팽창재는 추가로 잔골재량을 조절하였다.

표 3 콘크리트 배합

W/C (%)	S/A (%)	단위재료량(kg/m ³)				*CSA	슬럼프 (cm)	공기량 (%)
		W	C	S	G			
52	44.7	183	351	836	952	0, 35, 40, 45	12	4±0.5

* CSA : 단위시멘트의 외할 추가, Admixture : AE 감수제(C×0.15%)

3.2.2. 콘크리트 특성평가

콘크리트는 강제식 믹서에서 혼합하였으며 B/P에서 현장까지의 운반시간 약30분 및 타설시간을 고려하여 콘크리트 배출 직후부터 30 l 가경식 믹서에서 비비면서 90분까지의 슬럼프 및 압축강도를 측정하였다. 길이변화 및 구속균열의 평가는 표 4와 같이 초기양생조건을 달리하여 현장양생조건을 고려한 콘크리트배합 선정에 활용하고자 하였다.

표 4 초기양생 조건별 길이변화 및 구속균열 평가

초기양생조건	내 용
수 중 양 생 1	20℃ 수중 7일, 이후 20℃ RH 50% 양생
수 중 양 생 2	20℃ 수중 3일, 이후 20℃ RH 50% 양생
습 윤 양 생	20℃ 습윤 7일(RH 95%), 이후 RH 50% 양생
기 건 양 생	20℃ RH 50% 기건양생

3.3 실험결과 및 고찰

3.3.1 굳지않은 콘크리트 특성

CSA 팽창재 사용에 따라 콘크리트의 초기 슬럼프는 약간 증가하였으며 비빔시간에 따른 슬럼프의 변화는 Plain 콘크리트와 유사한 양상을 보이고 있으며 팽창재 첨가량이 증가함에 따라 슬럼프 손실은 커지는 경향을 나타내었으나 그 영향은 크지 않다. 본 실험결과 CSA 팽창재 사용에 따른 콘크리트의 작업성은 보통 콘크리트와 유사한 것으로 보여진다. 그리고 CSA 팽창재 사용에 따른 공기량의 변화는 적으며 팽창재의 사용량 증가에 따라 공기량이 약간 증가하였으나 그 영향은 적으며 비빔시간에 따른 공기량의 변화는 Plain 콘크리트와 유사하였다.

3.3.2 경화콘크리트 특성

팽창재 혼입에 따라 콘크리트 압축강도는 증진되는 경향이냐 45kg/m³을 첨가한 경우 압축강도가 저하되었으며 과다팽창에 기인한 것으로 판단된다. 또한 비빔시간 경과에 따른 압축강도 발현은 팽창

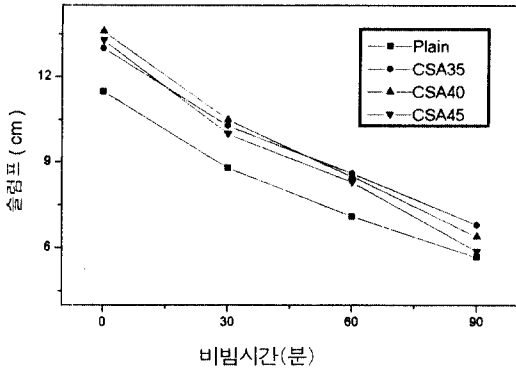


그림 1 비빔시간 경과에 따른 콘크리트 슬럼프 경시변화

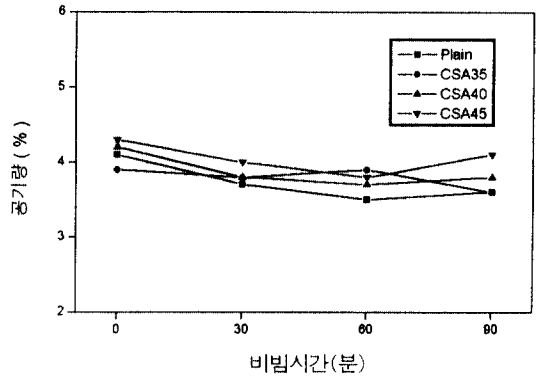


그림 2 비빔시간 경과에 따른 공기량 변화

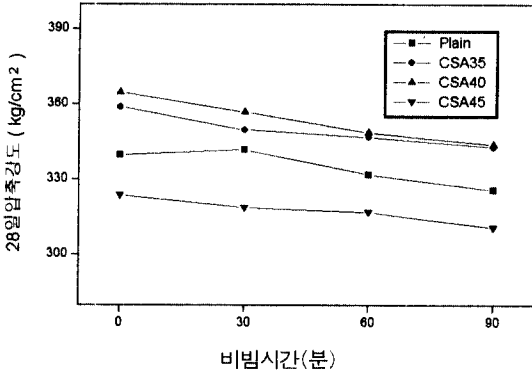


그림 3 비빔시간 경과에 따른 압축강도 변화 특성

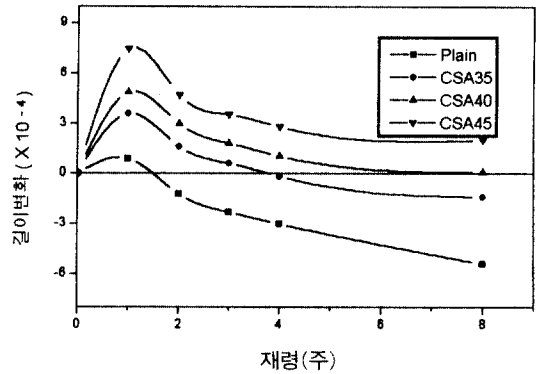


그림 4 팽창재 혼화량에 따른 콘크리트 길이변화

재 사용 유무에 관계없이 유사한 특성을 보여준다.

팽창재를 사용한 콘크리트의 길이변화 측정 결과 혼입량의 증가에 따라 초기 팽창량이 증가하며 40kg/m³ 이상에서는 재령 8주까지 수축성을 나타내지 않았다. 초기양생 조건에 따른 팽창수축 및 구속균열 평가결과는 표 5와 같으며 현장에서는 재령 1주 이내의 초기양생시 충분한 살수를 가하여 습윤 분위기가 이루어지도록 해야 할 것으로 여겨진다.

표 5 양생조건에 따른 길이변화 및 구속균열 평가

	Plain			CSA 35		
	길이변화(×10 ⁻⁴)		균열발생 (일)	길이변화(×10 ⁻⁴)		균열발생 (일)
	1주	4주		1주	4주	
수중양생1	0.92	-3.52	25	3.50	-1.20	없음
수중양생2	0.43	-4.13	19	2.41	-2.28	없음
습윤양생	0.71	-4.20	20	2.80	-1.72	없음
기건양생	-1.30	-5.61	12	0.26	-3.20	57

* 균열발생 평가 : 200일 기준

4. 현장시공 및 결과

4.1 현장시공조건

영종도 국제 신공항 배수갑문 2차 콘크리트의 시방에 따른 콘크리트의 품질규준은 표 6과 같으며 콘크리트용 팽창재는 시멘트 사용량의 10%를 외할로 추가하여 기본배합으로부터 단위재료량을 조정토록 하였다.

표 6 배수갑문 2차 콘크리트 품질규준

구 분	내 용	비 고
시방조건	25-240-8(무수축수밀콘크리트)	
배합설계	25-240-15(무수축수밀콘크리트)	· 펌핑시공 · 복잡형상 충전성
	W/C : 45%이하	· 수밀화
	단위팽창재사용량 : C×10%	· 외할첨가

4.2 무수축콘크리트 생산 및 현장타설

무수축콘크리트 생산은 팽창재를 B/P에서 잔골재와 함께 투입하여 혼합시간은 90초로 하였으며 생산 직후 및 현장운반 직후의 슬럼프와 공기량을 측정하였으며 시공현장에서 압축강도, 길이변화 및 구속균열 공시체를 제작하였다.

콘크리트의 타설은 펌프카를 이용하였으며 바닥면 타설은 초기침하를 고려하여 1시간 ~ 1시간 30분 간격으로 2단 타설을 실시하였다. 재령 1주까지는 콘크리트 표면을 양생포로 덮고 살수양생으로 습윤상태를 충분히 유지하도록 하였다. 현장에서 제작한 길이변화 및 구속균열 공시체는 현장 시험실 옥외에서 1주간 살수양생한 후 대기중에 방치하여 현장조건과 동일하게 유지하였다.

4.3 결과분석

B/P에서 제조된 콘크리트는 설계품질규준을 만족하였으며 현장운반직후 슬럼프 손실은 2cm 내외로 적으며 공기량의 변화도 적어 충분한 품질과 작업성을 유지하였다.

표 7 현장콘크리트의 유동성 및 공기량

구 분	데이터수	B/P		현장			규정치
		평균	표준편차	데이터수	평균	표준편차	
슬럼프	20	15.6	1.3	20	13.7	1.6	15±2cm
공기량	20	4.6	0.7	20	4.1	0.6	4.5±1%

그림 5는 현장 공시체의 압축강도 추이를 나타낸 것으로 타설 초기부터 완료시까지 편차가 크지 않아 품질관리가 잘 되었음을 알 수 있다. 현장조건과 동일하게 양생한 공시체의 구속균열시험 및 길이변화시험 결과 타설시작 시점인 '96년 5월 이후 300일 경과시점까지 균열발생이 없으며 자유수축률은

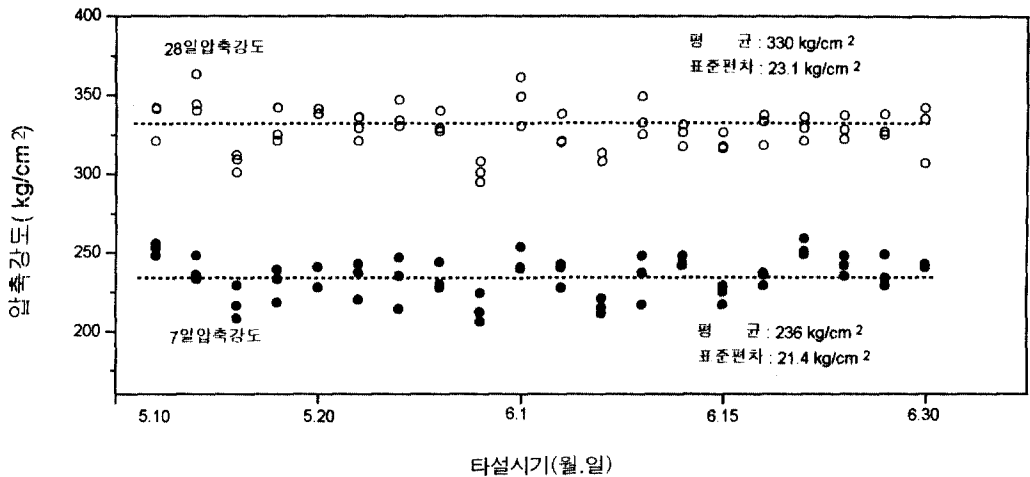


그림 5 타설현장 콘크리트의 압축강도 추이

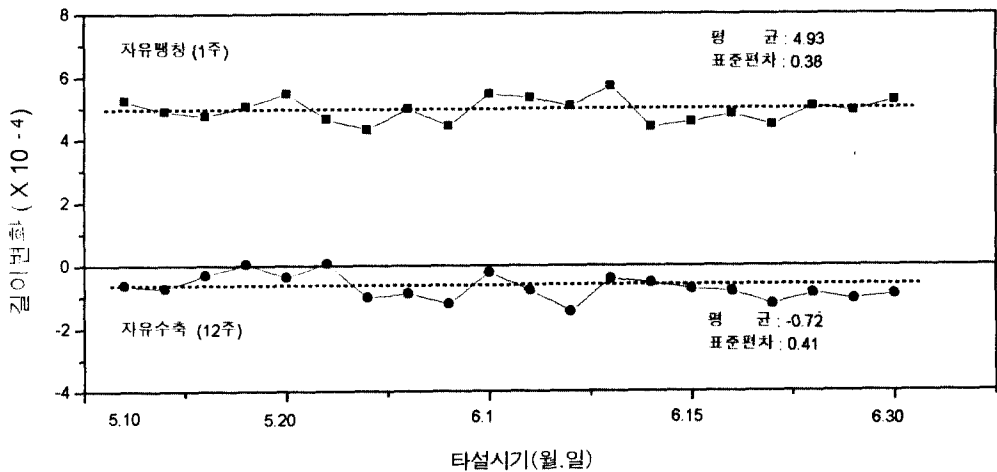


그림 6 타설시기에 따른 길이변화 특성

0.01% 내외로 매우 작아 CSA 팽창재의 사용에 따른 효과가 충분한 것으로 보여진다.

5. 결론

CSA 팽창재를 사용한 콘크리트의 제반 특성평가 및 영종도 신공항 배수갑문 현장시공에 적용한 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) CSA 팽창재를 사용한 콘크리트의 작업성은 보통콘크리트와 유사하였으며, 유동성 및 공기량의 시간경과에 따른 변화도 유사한 경향을 보였다.
- 2) 콘크리트의 압축강도는 팽창재 첨가에 따라 증진되는 효과가 있으나 첨가량이 과다하면 팽창에 의한 부피변형이 커져 압축강도의 저하가 우려되며 적용목적에 따라 사전배합시험을 통해 적정량을 선정해야 할 것으로 여겨진다.
- 3) 팽창재를 사용한 콘크리트의 수축, 팽창은 초기양생조건에 영향을 받으며 재령 1주까지는 살수

양생 등 습윤상태를 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

- 4) 현장적용결과 CSA 팽창재를 사용한 콘크리트는 양호한 작업성과 물리성능을 발휘하였으며 건조축량이 매우 적고 균열발생이 없어 충전콘크리트로서 적합한 것으로 판단되었다

참 고 문 헌

1. P.Klieger, N.R.Greening. "Properties of Expansive Cement Concrete", 5th Int. Symp. on the Chemistry of Cement (Tokyo), Vol. IV, 1968 pp.439-456
2. ACI Committee 233, "Properties of Shrinkage-Compensating Concretes", (ACI 223 SP-38), ACI, Ditroit, 1973 pp.227-238
3. 中村虎一, 磯貝純外, CSA係膨脹材混和によるコンクリートの乾燥収縮防止効果, セ技年報, Vol.32, pp.180-182, 1978
4. 이장화, 김경환, 김승현, "지연제·축진제 및 팽창제", 콘크리트학회지 Vol.8, No.2, 1996 pp.32-40.