

# 시험시공을 통한 플라이애쉬 콘크리트 포장 적용 특성

## Application of Fly Ash Concrete in the Pavement

홍 승 호\* 이 병 덕\* 한 승 환\*\*

Hong, Seung Ho · Lee Byung Duk · Han Seung Hwan

### ABSTRACT

The case of failure of Alkali-silica reaction (ASR) on the cement concrete pavement was reported in Korea. In the United States America, the fly ash has less than 10 percent Cao reported that prevent expansion by ASR. Most of all fly ash in Korea have less than 10 percent CaO, therefore it is similar ASTM F fly ash in the USA. Crushed aggregates of the test section had expansion behavior by potential ASR that the ASTM C 1260 test method tested expansion 0.17 percent during 14 days. The test section of concrete pavement used crushed aggregate was constructed that fly ash have 20 percent weight of cementitious materials to prevent expansion by ASR. This study was performed flexural strength test for elapsed days and durability by freeze-thaw test. It was shown that flexural strength was increased elapsed days and good performed freeze-thaw test. This study shown that fly ash concrete pavement was good performance in the test section.

### 요 약

국내 일부 고속도로 시멘트 콘크리트포장에서 알칼리-실리카 반응에 의한 피해 사례가 학계에 보고되었다. 미국에서는 CaO 함량이 10% 이하인 플라이애시를 일정량 이상 콘크리트에 적용할 때 알칼리-골재 반응에 의한 팽창 현상을 억제하는 것으로 보고되고 있다. 국내산 플라이애시 대부분은 CaO 함량이 10% 이하로서 미국 ASTM 기준의 F 급에 해당되는 것으로 조사되었다. ASTM C 1260 시험에서 14일에 0.17%의 팽창이 발생하여 잠재적인 알칼리-골재 반응성이 있는 것으로 조사된 구간에 대하여 시멘트 80%와 플라이애시 20%가 혼합된 콘크리트 포장 시험시공을 실시하였다. 시험시공 구간에 적용된 플라이애시 콘크리트에 대하여 재령별 강도시험, 동결-융해 시험을 통하여 내구 특성을 분석하였고 추적조사를 통한 공용 상태를 분석하였다. 일반 콘크리트와 비교하여 플라이애시 콘크리트의 휨강도는 재령 경과에 따라 약간 낮은 강도를 발현하는 것을 알 수 있었다. 플라이 애시는 콘크리트 강도 발현이 지속적으로 발전하여 90일 재령에서는 일반 콘크리트에 96% 나타났다. 본 시험시공 구간에 적용된 플라이애시 콘크리트는 재령에 따라 휨강도가 증진되었고, 동결-융해 특성이 우수한 것으로 나타났다. 본 시험시공 결과 분석을 통하여 플라이애시 콘크리트 포장의 현장 적용성을 확인하였다.

\*정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 도로팀 책임연구원

\*\*정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 도로팀 수석연구원

## 1. 서 론

시멘트 콘크리트 포장은 재료, 품질관리, 시공관리 및 대기환경 변화에 의해 다양한 형태의 파손이 발생할 수 있다. 특히, 콘크리트 포장에 사용되는 골재에 의한 파손으로 알칼리-골재 반응이 있다. 국내 일부 고속도로 시멘트 콘크리트포장에서 알칼리-실리카 반응에 의한 피해 사례가 학계에 보고되었다 1). 미국에서는 CaO 함량이 10% 이하인 플라이애시를 일정량 이상 콘크리트에 적용할 때 알칼리 골재 반응에 의한 팽창 현상을 억제하는 것으로 보고되고 있다 2). 국내산 플라이애시 대부분은 CaO 함량이 10% 이하로서 미국 ASTM 기준의 F 급에 해당되는 것으로 조사되었다. ASTM C 1260 시험에서 14일에 0.17%의 팽창이 발생하여 잠재적인 알칼리-골재 반응성이 있는 것으로 조사된 구간에 대하여 시멘트 80%와 플라이애시 20%가 혼합된 콘크리트 포장 시험시공을 실시하였다. 시험시공 구간에 적용된 플라이애시 콘크리트에 대하여 재령별 강도시험, 동결-융해 시험을 통하여 내구 특성을 분석하였고 추적조사를 통한 공용 상태를 분석하였다. 본 시험시공 구간에 적용된 플라이애시 콘크리트는 재령별로 휨 강도가 증진되었고, 동결-융해 특성이 우수한 것으로 나타났다. 본 시험시공 결과 분석을 통하여 플라이애시 콘크리트 포장의 현장 적용성을 확인하였다.

## 2. 시험시공 개요

### 2.1 알칼리-골재 반응 시험

본 연구에서는 굵은 골재의 알칼리-골재 반응 특성은 KS F 2545 (화학법)에서 용해한 실리카 (Sc : mmol/L)가 **28.2**, 알칼리도 감소량 (Rc : mmol/L)이 **130.9**가 측정되어 유해하지 않은 골재로 판정되었다. ASTM C 1260 (축진모르타르시험법) 시험에서는 14일 재령에 0.172%의 팽창으로 잠재적인 알칼리-골재 반응성이 있는 것으로 판정되었다.

### 2.2 플라이애시 콘크리트 포장 배합 특성

본 시험시공 구간의 콘크리트용 골재 특성은 표 1과 같으며, 잔골재의 경우 조립율(F.M)이 2.4로 약간 낮은 상태임을 알 수 있다. 플라이애시 콘크리트 포장 배합 특성은 표 2와 같이 시멘트는 294kg/m<sup>3</sup>과 플라이애시 74kg/m<sup>3</sup>으로 전체 결합재의 단위 중량은 368 kg/m<sup>3</sup>으로 설계되었다.

표 1. 익산-장수 1공구 골재 특성

구분	최대 치수(mm)	조립율 (F.M)	비중 (S.G)	흡수율 (%)	마모율(%)	산지
굵은 골재	19	6.62	2.66	1.23	18.8	전북 완주군 고산면
	32	6.32	2.63	1.25	17.9	
잔골재	5	2.41	2.57	1.25	-	충남 부여군

표 2. 시험시공 구간 플라이애시 콘크리트 포장 배합 설계

구분	슬럼프 (mm)	공기량 (%)	단위 시멘트량 (kg/m <sup>3</sup> )	플라이애시 (kg/m <sup>3</sup> )	W/C (%)	S/A (%)	잔골재 (kg/m <sup>3</sup> )	굵은골재 (kg/m <sup>3</sup> )		W (kg/m <sup>3</sup> )	AE (kg/m <sup>3</sup> )	
								19mm	32mm			
시방	6	6	294	74	41	39	670	215	842	151	2.028	0.55%
현장	6	6	294	74	38	38	663	215	860	140.4	2.028	0.55%

### 2.3 플라이애시 콘크리트 생산 및 포설

플라이애시 콘크리트 포장 현장 시험시공에 앞서 배척 플랜트에서 시험 생산하여 공기량 및 슬럼프를 시험하였다. 배척 플랜트에서 1차 시험 생산된 플라이애시 콘크리트 슬럼프가 5.5cm로 낮아 조정을 지시한 후 2차 시험생산에서 슬럼프 7cm, 공기량 5%가 측정되어 현장 타설용 콘크리트 생산하였다. 현장에 1차 도착된 플라이애시 콘크리트는 슬럼프는 3cm로 페이버 작업성이 좋은 것으로 나타났으나, 공기량이 2.9%로 낮아져 공기량을 상향시키도록 하였다. 2차 도착된 플라이애시 콘크리트의 슬럼프는 3.5cm, 공기량은 5%가 측정되어 포설을 진행하였다.

## 3. 결 과

### 3.1 슬럼프 및 공기량 특성

본 시험시공 플라이애시 콘크리트는 배척 플랜트 생산 후 현장 도착 후 포설 시간별 슬럼프 변화는 그림 1에서 보는 바와 같이 최저 1.9cm에서 최대 4.5cm 가 측정되었다. 또한, 연행 공기량은 그림 1에서 보는 바와 같이 시공 초기에 최저 2.9%가 측정되었고, AE제 조절을 통하여 공기량이 상승하여 최대 6.48%까지 측정되었다. 본 시험시공 현장에서는 혼화제량 조절을 통하여 5%의 공기량이 발생하도록 조절할 수 있었으며, 플라이애시의 특성인 시간 경과에 따른 공기량 감소는 크게 발생하지 않은 것으로 나타났다.

### 3.2 블리딩 시험결과

플라이애시 콘크리트 포장과 일반 콘크리트 포장의 시간에 따른 블리딩량을 측정하여 그림 2와 같이 측정되었다. 일반적으로 콘크리트에서 발생하는 블리딩은 W/C에 영향을 크게 받으며, 본 시험시공 구간에서 일반 콘크리트의 W/C가 45%이고 플라이애시 콘크리트의 W/C가 38%로서 물이 적게 사용된 플라이애시 콘크리트에서 적은 블리딩이 발생한 것으로 판단된다. 본 구간에서 측정된 블리딩량은 플라이애시 콘크리트에서 각각 0.0021ml/cm<sup>2</sup>, 0.0020ml/cm<sup>2</sup> 그리고 일반 콘크리트에서 각각 0.0752ml/cm<sup>2</sup>, 0.0757ml/cm<sup>2</sup> 이었다. 플라이애시 콘크리트와 일반 콘크리트 블리딩은 그림 2에서 보는 바와 같이 플라이애시 콘크리트에서는 시간 경과에 따라 블리딩이 크지 않음을 알 수 있었으나, 일반 콘크리트에서는 시간 경과에 따른 블리딩이 크게 발생함을 알 수 있었다.

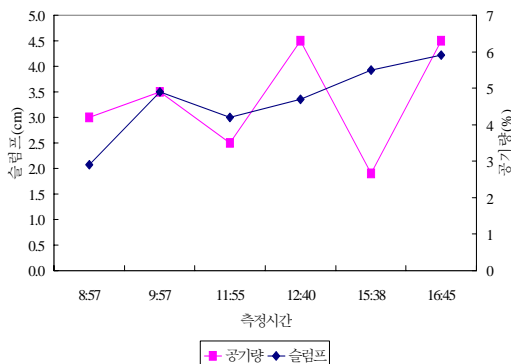


그림 1. 슬럼프 및 공기량 변화

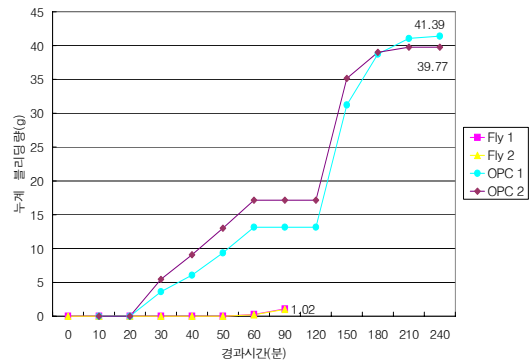


그림 2. 블리딩 변화

### 3.3 휨강도 시험결과

휨강도 시험에서 그림 35와 같이 3일 재령에 플라이애시 콘크리트의 휨강도는 2.51 MPa가 측정되었고, 일반 콘크리트의 휨강도는 3.17 MPa가 측정되어 일반과 비교하여 79%로 약간 낮은 상태임을

알 수 있다. 28일 재령에서는 플라이애시 콘크리트의 휨강도는 4.22MPa이 측정되었고, 일반 콘크리트의 휨강도는 5.31MPa가 측정되어 일반과 비교하여 플라이애시 콘크리트의 휨강도는 재령 경과에 따라 약간 낮은 강도를 발현하는 것을 알 수 있었다. 28일 이후 장기 강도 발현에서는 일반 콘크리트는 강도 발현이 낮게 증진되었으나, 플라이 애시는 콘크리트 강도 발현이 지속적으로 발전하여 90일 재령에서는 플라이애시 콘크리트의 휨강도는 5.36MPa로서 일반 콘크리트에 96% 정도를 나타내는 것으로 측정되었다.

### 3.4 동결-융해 시험결과

동결-융해 특성을 분석하기 위하여 플라이애시 콘크리트 포장 시편은 공기량이 6%가 측정된 지점에서 채취된 콘크리트로 제작하였다. 플라이애시 콘크리트 시편은 그림 4에서 보는 바와 같이 동결-융해 300 사이클 동안 97.5%의 상대동탄성 계수를 나타냈다. 본 구간에서 채취된 플라이애시 콘크리트 시편은 동결-융해에 대한 내구성이 우수한 것으로 나타났다.

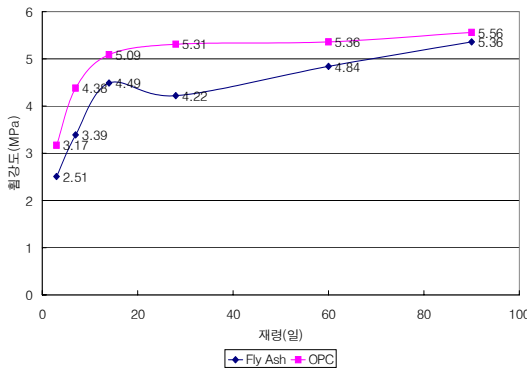


그림 3. 재령별 휨 강도 결과

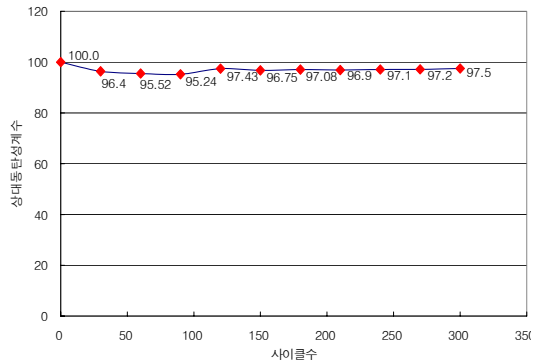


그림 4. 동결-융해 시험결과

## 4. 결 론

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 본 시험시공 현장에서는 혼화제량 조절을 통하여 5%의 공기량이 발생하도록 조절할 수 있었으며, 플라이애시의 특성인 시간 경과에 따른 공기량 감소는 크게 발생하지 않은 것으로 나타났다.
- 2) 플라이애시 콘크리트에서는 시간 경과에 따라 블리딩이 크지 않음을 알 수 있었으나, 일반 콘크리트에서는 시간 경과에 따른 블리딩이 크게 발생함을 알 수 있었다.
- 3) 일반 콘크리트와 비교하여 플라이애시 콘크리트의 휨강도는 재령 경과에 따라 약간 낮은 강도를 발현하는 것을 알 수 있었다. 플라이 애시는 콘크리트 강도 발현이 지속적으로 발전하여 90일 재령에서는 일반 콘크리트에 96% 나타났다.
- 4) 시험시공 구간에서 채취된 플라이애시 콘크리트 시편은 동결-융해에 대한 내구성이 우수한 것으로 나타났다.

### 참고문헌

- 1) 홍승호, 한승환, 윤경구 [2006], 알칼리-실리카 반응에 의한 시멘트 콘크리트포장 파손 사례, 한국콘크리트학회 논문집 제18권3호(통권 93호) 2006년 6월, pp.355-360.
- 2) ACAA(American Coal Ash Association), Fly Ash Factors for Highway Engineers, Fourth Edition, FHWA(Federal Highway Administration)-IF-03-019 June 2003.