

프리믹스 플라이애시 콘크리트 포장 현장 적용 특성

Application Performance for Test Section of Premixed Fly Ash Concrete Pavement

홍 승 호* 한 승 환** 이 병 덕***

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

ABSTRACT

The prevent methods of Alkali-Silica Reaction (ASR) are studying after the failure cases by ASR were reported in Korea. When ASR failure is causing to the step of maintenance, the available repair methods were rarely studied in the World. In this study, premixed fly ash cement was applied to prevent ASR in the concrete pavement. The ratio of fly ash and cement is 20 percent and 80 percent by weight of total cementitious material. The construction performance of premixed fly ash cementitious concrete pavement was studied that the application is verify to performance collected data during the constructing in the field. The freeze-thaw test was studied to verify durability of the premixed fly ash cementitious material made specimen in the laboratory. The results show that construction performance and durability are well condition in this test section and freeze-thaw test.

요 약

우리나라에서 시멘트 콘크리트 포장에서 알칼리-골재 반응에 의한 파손이 보고된 후, 알칼리-골재 반응에 대한 대책 방안 수립이 연구되고 있다. 국내·외에서 콘크리트 포장에 알칼리-골재 반응에 의한 피해가 발생하는 경우 유지관리 단계에서는 대응할 수 있는 방안이 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 시멘트 콘크리트 포장에서 알칼리-골재 반응을 억제하기 위한 방법으로 프리믹스 방식으로 플라이애시를 전체 바인더 중량(시멘트 + 플라이애시)의 20%를 치환하는 방법을 적용하였다. 시멘트 콘크리트 포장의 알칼리-골재 반응을 억제하기 위해 건설 단계에서 프리믹스된 플라이애시 콘크리트 포장을 시험시공하여 시공 특성을 분석하였다. 또한, 프리믹스된 플라이애시 물리적인 특성과 동결-융해 특성을 분석하였다. 프리믹스된 플라이애시 시멘트 콘크리트 포장은 시험시공을 통하여 우수한 현장 적용성을 확인하였고, 실내 동결-융해 실험을 통하여 내구성이 우수한 것으로 나타났다.

* 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 도로연구팀 책임연구원

** 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 공학박사 도로연구팀 수석연구원

*** 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 공학박사 도로연구팀 책임연구원

1. 서 론

우리나라에서 시멘트 콘크리트 포장에서 알칼리-골재 반응에 의한 파손이 보고된 후^{1, 2)}, 알칼리-골재 반응에 대한 대책 방안 수립이 연구되고 있다. 국내·외에서 콘크리트 포장에 알칼리-골재 반응에 의한 피해가 발생하는 경우 유지관리 단계에서는 대응할 수 있는 방안이 미흡한 실정이다. 국내 고속도로 일부 시멘트 콘크리트 포장에서는 알칼리-골재 반응을 억제하기 위한 방안으로 건설 단계에서부터 대책 방안이 수립되고 있다. 시멘트 콘크리트 포장에서 알칼리-골재 반응을 억제하기 위한 방법으로 플라이애시를 전체 바인더 중량(시멘트 + 플라이애시)의 20%를 치환하는 방법이 효과가 있는 것으로 보고되었다^{3, 4)}. 본 연구에서는 시멘트 콘크리트 포장의 알칼리-골재 반응을 억제하기 위해 건설 단계에서 프리믹스된 플라이애시 콘크리트 포장을 시험시공하여 시공 특성을 분석하였다. 또한, 프리믹스된 플라이애시 물리적인 특성과 동결-융해 특성을 분석하였다. 프리믹스된 플라이애시 시멘트 콘크리트 포장은 시험시공을 통하여 우수한 현장 적용성을 확인하였고, 실내 동결-융해 실험을 통하여 내구성이 우수한 것으로 나타났다.

2. 시험시공 개요

본 연구에서는 알칼리-골재 반응에 의해 장기적으로 잠재적인 유해한 팽창이 발생할 수 있는 콘크리트용 골재가 생산되는 지역에서 알칼리-골재 반응에 의한 팽창을 억제하기 위하여 일정량의 플라이애시를 혼입한 콘크리트 포장을 시험 시공하여 현장에서의 품질 및 시공 관리 특성을 분석하는데 있다. 시험시공이 실시된 지역은 부산-울산 고속도로 건설 현장이며, 시공 연장은 800m/3차로를 건설하였다. 시험시공은 하절기 시공 특성을 확인하기 위하여 2008년 7월29~30일까지 2일 동안 실시하였다. 플라이애시 시멘트는 프리믹스(시멘트 생산 공장에서 시멘트 80%와 플라이애시 20%) 형식으로 물리적으로 혼합한 제품을 사용하였다. 프리믹스 플라이애시 시멘트 콘크리트 포장에 적용된 배합은 표 1과 같다.

표 1. 콘크리트 포장 표준 배합

구분	설계 기준강도 (MPa)	골재 최대치수 (cm)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	물/시멘트비 (%)	잔골재율 (%)	단위재료투입량(kgf/m ³)							
							물	시멘트	플라이애시	잔골재		굵은 골재		AE 감수제
										하천사	부순 모래	19 mm	32 mm	
플라이애시배합	4.5	32	4±1.5	5~7	43	35	150	280	70	315	315	575	575	1.20

시험시공이 실시된 현장의 콘크리트용 골재의 알칼리-골재 반응은 ASTM C 1260 시험에서 14일 팽창은 표 2와 같이 시험되었다. 골재원 및 시험 의뢰일에 따라 팽창성이 다른 것으로 나타났으며 비교적 높은 팽창성이 있는 것으로 판단되어 알칼리-골재 반응을 억제하기 위한 방안이 필요한 것으로 판단되어 시험시공 구간으로 선정하였다.

표 2. 부산-울산 2공구 ASTM C 1260 시험결과

측정 구간	1차		2차	
	굵은 골재	부순 모래	5+370 부순 모래	B/P 부순 모래
ASTM C 1260 시험결과	0.115%	0.239%	0.176%	0.218%

3. 시험결과

3.1 강도 특성

본 연구에서 23 °C 실내 수조에서 양생된 프리믹스 플라이애시 시멘트 콘크리트로 제작된 시편에 대하여 14일 재령과 28일 재령의 휨강도는 그림 1과 같이 측정되었다. 14일 재령에서 공기량이 2%인 F1 시편은 5.1MPa이 측정되었으며, 공기량이 6.5%인 F2 시편은 4.6MPa가 측정되어 공기량이 2%인 시편보다 낮게 측정된 것을 알 수 있었다. 그러나, 공기량이 6%인 F3, F4 시편은 각각 5.3MPa, 5.1MPa가 측정되어 공기량이 2%인 시편과 비교하여 유사한 휨강도 시험 결과가 측정되었다. 28일 재령에서는 F1 시편이 6.6MPa 측정되었고, 공기량이 6% 이상 F2, F3, F4 시편에서 각각 5.7MPa, 6.2MPa, 5.6MPa가 측정되어 공기량 증가에 따른 강도 저하는 크지 않음을 알 수 있었다. 시험시공 후 현장에서 2일간 양생된 시편에 대한 휨강도 시험결과 그림 2에서 보는 것과 같이 최저 3.1 MPa이 측정되었고, 28일 재령에서는 6.0 MPa 그리고 60일 재령에서 6.9 MPa까지 강도 발현을 나타내 재령에 따른 강도 발현성이 우수한 것을 알 수 있었다. 온도가 높은 하절기에 시공된 프리믹스 플라이애시 콘크리트 포장은 조기에 강도 발현을 나타내는 것을 알 수 있었다.

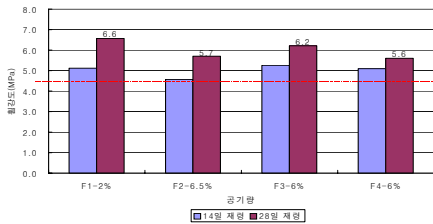


그림 1 프리믹스 플라이애시 콘크리트 실험실 제작 재령별 휨강도 실내 시험결과

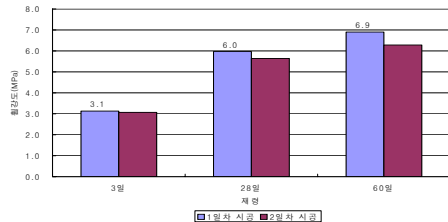


그림 2 프리믹스 플라이애시 콘크리트 포장 시험시공 후 재령별 휨강도 시험결과

3.2 동결-융해 시험결과

프리믹스 플라이애시 콘크리트 포장 시험시공을 실시하면서 동결-융해 특성을 검토하였다. 동결-융해 시험은 KS F 2456 동결-융해 기준에 따라 수중 동결-수중 융해 시험하였다. 수중 동결에는 NaCl 4% 용액과 수돗물을 사용하였다. 공기 연행제가 사용되지 않은 시편은 공기량 2%가 측정되었고, AE 공기 연행제가 사용된 시편은 공기량이 6.0~7.0%가 측정되었으며 표 3의 A 시편은 공기량이 6% 측정된 시편이다. AE 공기 연행제가 사용되지 않은 시편에서 NaCl 4% 용액에서는 90 사이클에 상대 동탄성 계수가 급격히 낮아지는 것으로 시험되었다. 그러나, 수돗물 환경에서는 300 사이클에서 97.5%, 99.5%의 상대 동탄성 계수가 측정되어 매우 양호한 상태임을 알 수 있었다. 공기량이 6% 포함된 시편에서는 동결-융해 300 사이클 후 상대 동탄성 계수가 NaCl 4% 용액에서 98%, 그리고 수돗물에서 97.5% 이상 측정되었다. AE 공기량이 사용되어 6% 공기량이 확보된 프리믹스 플라이애시 시편의 경우 NaCl 4% 용액과 수돗물에서 동결-융해 저항성이 매우 우수한 것을 알 수 있었다. 그러나, AE 공기 연행제가 사용되지 않은 프리믹스 플라이애시 시편은 NaCl 4% 용액에서 동결-융해에 매우 취약한 상태인 것으로 판단된다.

4. 시험시공 결과

프리믹스 플라이애시 시험시공 현장에서는 콘크리트 품질 특성을 분석하기 위하여 공기량 시험, 슬

럼프 시험을 실시하였으며, 단위수량 측정기를 사용하여 W/C를 측정하였다. 1일 차 시공에서 현장에 도착된 콘크리트의 공기량은 3.72~5.64%가 측정되어 시방 기준보다는 약간 낮은 상태임을 알 수 있었다. 2일차 시공에서는 페이버 전방의 진동 전 콘크리트에서는 4.35~6.12%가 측정되었고, 페이버 후 방의 진동기를 통과한 콘크리트에서는 3.88~5.36%가 측정되어 비교적 양호한 공기량이 형성되어 있는 것을 알 수 있다. 시험시공 기간 동안 슬럼프는 1.5~3.8cm 가 측정되어 페이버가 작업하는데 매우 양호한 작업성을 확보할 수 있었다. 단위수량 측정기를 사용하여 현장에 도착된 콘크리트에 대한 W/C를 측정하였다. 시험시공 기간 동안 W/C는 37.9~42.4%가 측정되어 시방기준인 43%보다 낮은 상태를 유지하여 매우 양호한 단위수량 관리가 이루어진 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서 프리믹스된 플라이애시 콘크리트 포장 시험시공을 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 프리믹스 플라이애시 콘크리트는 28일 재령에서 휨강도는 F1 시편이 6.6 MPa 측정되었고, 공기량이 6% 이상 F2, F3, F4 시편에서 각각 5.7 MPa, 6.2 MPa, 5.6 MPa가 측정되어 공기량 증가에 따른 강도 저하는 크지 않음을 알 수 있었다. 시험시공 후 28일 재령에서는 6.0 MPa 그리고 60일 재령에서 6.9 MPa 까지 강도 발현을 나타내 재령에 따른 강도 발현성이 우수한 것을 알 수 있었다.
- 2) AE 공기량이 사용되어 6% 공기량이 확보된 프리믹스 플라이애시 시편의 경우 NaCl 4% 용액과 수돗물에서 동결-융해 저항성이 매우 우수한 것을 알 수 있었다. 그러나, AE 공기 연행제가 사용되지 않은 프리믹스 플라이애시 시편은 NaCl 4% 용액에서 동결-융해에 매우 취약한 상태인 것으로 판단된다.
- 3) 시험시공 기간 동안 슬럼프는 1.5~3.8cm 가 측정되어 페이버가 작업하는데 매우 양호한 작업성을 확보할 수 있었다. 시험시공 기간 동안 W/C는 37.9~42.4%가 측정되어 시방기준인 43%보다 낮은 상태를 유지하여 매우 양호한 단위수량 관리가 이루어진 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) 홍승호, 한승환, 안성순, 장태순, 알칼리-실리카 반응에 의한 무근콘크리트포장의 파손 고찰, 2003년도 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 제15권 2호 (통권 제 29집), 2003. 11, pp99-101.
- 2) 홍승호, 한승환, 윤경구 [2006], 알칼리-실리카 반응에 의한 시멘트 콘크리트포장 파손 사례, 한국콘크리트학회 논문집 제18권3호(통권 93호) 2006년 6월, pp.355-360.
- 3) 홍승호, "국내 콘크리트의 알칼리-실리카 반응에 대한 조사 및 억제방안", 2006, 박사학위논문, 강원대학교 대학원
- 4) ACAA(American Coal Ash Association), Fly Ash Factors for Highway Engineers, Fourth Edition, FHWA(Federal Highway Administration)-IF-03-019 June 2003.