

고로슬래그미분말을 적용한 콘크리트포장 린콘크리트 보조기층 시험시공

Experimental Construction of the Lean Concrete Subbase Course in Concrete Pavement with the Ground Granulated Blast Furnace Slag

류명찬* · 김승진** · 김대영*** · 손진군****

Roo, Myung Chan · Kim, Seung Jin · Kim, Dae Young · Sohn, Jin Gun

1. 서 론

고로슬래그 미분말은 용광로에서 선철과 동시에 생성되는 용융슬래그를 물로 급랭시켜 얻은 입상의 수쇄슬래그를 건조하여 미분쇄한 것으로서, 우리나라에서는 주로 고로 시멘트 제조에 사용하여 왔지만 외국의 경우 영국, 미국, 캐나다, 일본 등에서는 시멘트 콘크리트 혼화재로서의 사용기준이 확립되어 있고 또 사용 실적도 상당하다.

국내에서는 1995년 고로슬래그 미분말에 대하여 토목학회 기준 “콘크리트용 고로슬래그 미분말 규격(안)”을 제정함과 더불어 “고로슬래그 미분말을 이용한 콘크리트의 설계 시공 지침(안)”을 제정하였다. 1996년 건설교통부 제정 “콘크리트 표준 사양서”에서는 시공면에 혼화재로서의 이의 사용에 대한 규정을 설정하고 있다.

고로슬래그 미분말은 시멘트 콘크리트용 혼화재로서 적정히 잘 사용하면 콘크리트의 장기강도를 증진시키고, 수화 발열 속도를 늦추며, 수밀성을 향상시키고, 황산염이나 해수에 대한 화학저항성을 개선시키고, 알칼리 실리카 반응을 억제시키는 등의 효과를 기대할 수 있다. 고로슬래그 미분말을 콘크리트 포장에 적용하여 기존 일반 시멘트 사용시 보다 수화열 저감, 장기강도 증진, 내구성 향상 등의 고유한 특성을 발휘할 수 있도록 연구 개발함으로써 건조수축 균열저감, 포장두께 줄임, 포장 수명 연장 등의 효과를 기대할 수 있다. 물론 공사비 절감, 유지보수 비용 절감 등의 경제적인 효과도 기대된다.

그러나 이러한 여러 면에서 적용시 긍정적인 효과가 기대되는 고로슬래그 미분말이 해외에서와는 달리 국내에서는 현장 적용이 저조한 실정이다. 본 연구를 통하여 이와 같이 적용실적이 저조한 고로슬래그 미분말의 국내 사용 확대를 위하여, 우선 고로슬래그 미분말의 콘크리트 포장 린(lean) 콘크리트 보조기층 시험적용을 목표로 하였다.

* 정회원 · 명지전문대학 토목과 조교수 · 02-300-1137 (E-mail: mcroo@mail.mjc.ac.kr)

** 정회원 · 한국건설자재시험연구원 시멘트 · 콘크리트재료팀장 · 02-3415-8784 (E-mail: Kicmccr@chollian.net)

*** 포항산업과학연구원 자원활용연구팀 선임연구원 · 054-279-6324 (E-mail: dykim@rist.re.kr)

**** 포항산업과학연구원 자원활용연구팀장 · 054-279-6135 (E-mail: jgsohn@rist.re.kr)



2. 실내실험

고로슬래그 미분말을 활용한 포장용 콘크리트 생산기술 개발의 첫 번째 단계로서 현재 국내 콘크리트포장 시공시 보조기층으로 주로 적용되고 있는 린콘크리트(lean concrete) 보조기층에의 고로슬래그 미분말 적용을 위한 제반 필요 실내시험을 시행하였다.

실내시험을 위한 공시체 제작을 위해 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트(1종), 고로슬래그 미분말 1종(비표면적 3000~5000cm²/g)을 사용하였으며 표준 골재입도는 표 1과 같다. 잔골재는 강모래(비 중: 2.54, F.M.=2.49)를, 굵은골재는 부순돌(비중:2.68, Gmax=40mm)을 사용하였으며, 고로슬래그 미분말 치환율은 0, 30, 40, 45, 50, 60, 70%의 7수준을 적용하였다. 빈배합 콘크리트의 시멘트량 결정을 위한 7일에서의 일축압축강도는 50kg/cm² 이상을 기준으로 하였다. 이때 최소 단위 시멘트량은 150kg/cm²으로 규정하였다. 배합설계에서의 이와 같은 규정은 현재 한국도로공사에서 사용하고 있는 린콘크리트 보조기층에 적용하고 있는 기준을 적용하였다.

표 1. 표준골재입도

구분	50mm	40mm	19mm	10mm	4.75mm	0.60mm	0.074mm
재통과 중량 백분율(%)	100	90-100	50-85	40-75	25-60	10-30	3-12

공시체를 2일후 탈형하여 재령별 시험 시까지 기건 양생을 하였고, 시험 1일전에 수중 침지하여 물성시험을 시행한다. 제작된 공시체에 대하여 재령 7일, 28일, 56일에서의 압축강도 및 할열 인장강도를 측정하였다.

고로슬래그 미분말을 이용한 린콘크리트의 역학적 특성을 측정하기 위한 실내실험의 결과는 다음 표 2에 나타난 것과 같이 모든 치환율에서 시방 기준인 50kg/cm²을 만족하며, 28일 및 56일 강도시험 결과로부터 고로슬래그 미분말 적용에 의한 장기강도 발현 특성이 잘 나타남을 확인할 수 있다. 또한 할열 인장강도 시험 결과 또한 표 2와 같이 나타났으며, 이 결과로부터 고로슬래그 미분말 사용으로 인한 장기강도 향상 경향이 압축강도의 경우와 유사함을 확인할 수 있다. 이러한 경향은 치환율이 30-50%의 경우에 두드러짐을 알 수 있다. 치환율 60%이상의 경우는 좀더 명확한 장기강도 증진효과 확인이 필요하다.

표 2. 실험결과표

실험번호	단위수량 (kg/cm ³)	S/A (%)	단위시멘트량 (kg/cm ³)	슬래그치환량 (%)	실험 결과			
					압축강도(kg/cm ²)			인장강도(kg/cm ²)
					7일	28일	56일	28일
1	115	33	150	0	121	172	191	15.8
2				30	115	180	207	15.6
3				40	107	175	202	15.1
4				45	108	166	194	14.7
5				50	103	162	188	14.8
6				60	98	150	169	13.2
7				70	93	139	161	12.3



3. 시험시공

시험시공에 적용할 린콘크리트 단면을 결정하기 위하여 현재 가장 널리 사용되는 PCA(Portland Cement Association), AASHTO(American Association of State Highway and Transportation Officials), 콘크리트포장요강(일본도로협회 발간) 설계법에서 규정하는 린콘크리트 보조기층 설계법을 적용하여 그림 1과 같이 시험시공 계획단면을 결정하였다. 고로슬래그 미분말 시험적용구간(치환율 30% 및 45% 적용)의 린콘크리트 보조기층의 두께는 당초 설계인 일반 시멘트 사용 15cm에서 3cm를 줄인 12cm를 적용하고 선택층의 두께를 3cm 증가시켰으며, 비교구간으로서 일반시멘트(고로슬래그 미분말 치환율 0%) 사용 린콘크리트 보조기층의 두께는 당초 설계대로 15cm를 적용하여 연속하여 시공하는 것으로 하였다.

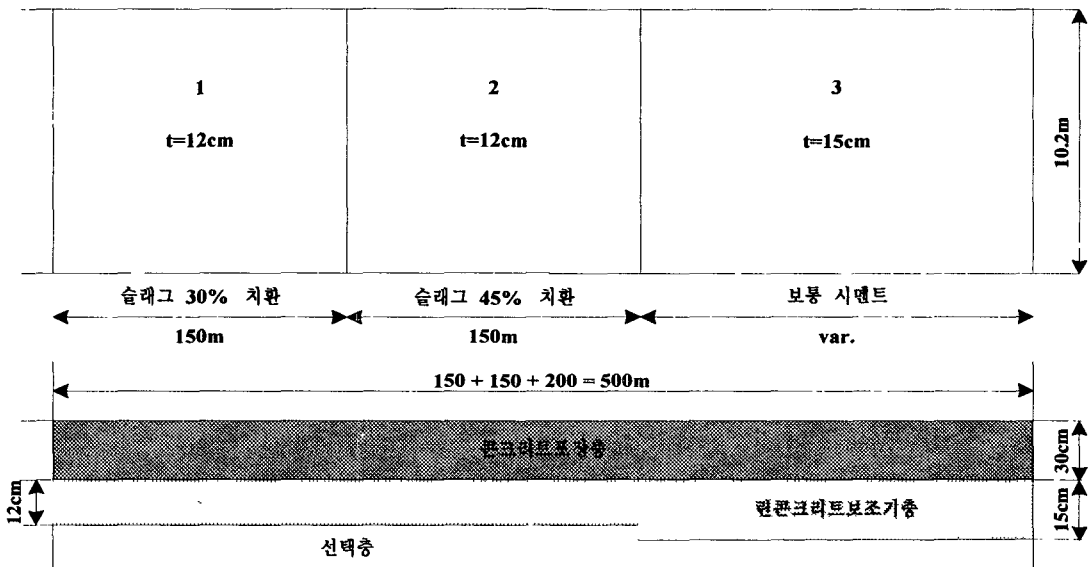


그림 1. 시험시공 계획 단면

시험시공은 2000년 10월10일과 10월 13일 양일간에 걸쳐 현재 한국도로공사에서 건설 중인 고속도로 건설현장에서 시험시공이 실시되었다. 10월 10일에는 중앙고속도로(춘천-대구)건설구간 중 제천현장, 10월 13일에는 중부내륙고속도로(여주-구미)건설구간 중 상주현장에서 각각 고로슬래그 미분말을 사용 시멘트량의 30%, 45% 치환한 콘크리트를 콘크리트포장 린콘크리트 보조기층에 적용하는 시험시공이었다. 고로슬래그 미분말 적용구간의 콘크리트포장 단면 중 한 예는 그림 2와 같으며, 다른 구간은 선택층의 두께만 동결깊이에 따라 달라지고 콘크리트포장 슬래브 및 보조기층의 두께는 동일하게 포설되었다.

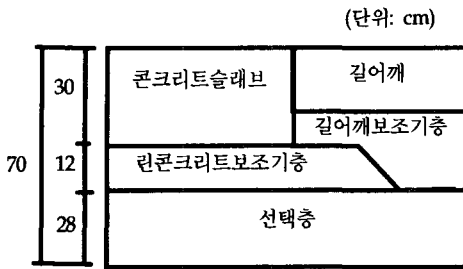


그림 2. 고로슬래그 미분말 적용 구간 콘크리트포장 단면 예

현장에서 고로슬래그 미분말 치환율 30% 및 45% 혼합물, OPC혼합물을 포설하는 데 있어 시공성에 있어서는 전혀 다른 점이 없었으며, 다만 치환율이 증가함에 따라 소요 다짐에너지가 조금씩 증가하나 다짐롤러의 다짐횟수는 동일한 값이 적용되었다. 이것은 혼합물 내에서 고로슬래그 미분말이 OPC보다 높은 점성으로 인한 것이다. 시공성만을 놓고 볼 때 고로슬래그 치환율을 더 높여서 시공하여도 무난할 것으로 사료된다.

4. 결 론

콘크리트포장의 린콘크리트 보조기층에 현행 보통 포틀랜드 시멘트 린콘크리트 15cm를 적용하는 대신 고로슬래그 미분말을 30~45%를 치환 적용하므로써 두께를 12cm로 감소시킬 수 있고 이에 따른 공사비 절감 및 포장 내구성 증진을 통한 공용 수명의 연장이 기대된다.

감사의 글

이 연구는 포항제철에서 연구비 지원으로 수행된 "고로슬래그 미분말을 활용한 시멘트 콘크리트 생산기술 개발"이라는 과제의 연구결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 한국도로공사, 도로설계실무편람, 1997. 8.
2. 한국도로공사, FWD 정밀해석 및 포장구조체 하부구조 평가 방법 연구-최종보고서, 도로연, 1997.
3. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, AASHTO, 1993.
4. E. J. Yoder, M. W. Witczak, Principles of Pavement Design, 2th Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1975.
5. Packard, R.G., Structural Design of Concrete Pavement with Lean Concrete Base Course, Proceedings of Second International Conference on Concrete Pavement Design, Purdue University, April 1981.
6. PCA, Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, PCA, 1984.
7. Yrjanson, W. A., and Packard, R. G., Econocrete Pavements-Current Practices, Transportation Research Record 741, Performance of Pavements Designed with Low-Cost Materials, Transportation Research Board, 1980.