

복합슬래그 노반특성에 관한 연구

김대영*, 이재영*, 변태봉*, 이훈하*, 손진균*
포항산업과학연구원*

A Study on Characteristics of Composite Slag Roadbed

D.Y.Kim*, J.Y.Lee*, T.B.Byeon*, H.H.Lee*, J.G.Sohn*
Research Institute of Industrial Science & Technology*

1. 서론

최근 자연환경 보전에 관한 법률이 강화되면서 도로 포장용 골재 채취 및 석산의 신규개발이 어려워져 양질의 골재수급이 매우 어려운 실정이다. 또한 건설기술이 크게 진보되어 도로 노반재에 대한 요구기능이 다양화되고 있다. 이러한 시대적 요구에 맞추어 제철소에서 부산물로 생산되는 고로슬래그 및 제강슬래그와 같은 산업부산물에 대한 콘크리트 및 도로 포장용 골재로서의 활용이 활발히 추진되고 있다.[1~2]

따라서 본 연구에서는 고로슬래그와 제강슬래그로 구성된 복합슬래그 노반과 쇄석노반을 비교하여 각노반 특성을 조사하였다.

2. 실험방법

복합슬래그노반재의 시공성 및 공용성을 평가 검증하기 위하여 실제 도로에 시험시공을 실시하고 복합슬래그를 사용한 노반의 시험시공은 「도로포장설계·시공지침」 및 도로공사 표준시방서 등[7]에 나타나 있는 입도조정 부순들의 시공방법과 같은 방법으로 수행하였다. 시공성 평가를 위한 현장시험은 10.4 Ton 진동로울러(Caterpillar CS-531C) 및 15Ton 타이어로울러(Sakai TS-200)를 사용하고 살수후 다짐횟수에 따른 일반쇄석노반재와 복합슬래그노반재의 지지력을 여러 시험방법을 적용하여 비교 평가하였다. 지지력을 평가하기 위하여 KS F 2310(도로의 평판재하 시험 방법)에 의한 평판재하 시험, 포장 구성층의 강도성분을 측정하는 포장 동적 관입시험(PDCP; Paving Dynamic Cone Penetrometer), 포장구조체 각 층 내부의 깊이별 처짐량을 직접 측정하는 MDD(Multi-Depth Deflectometer) 시험을 실시

하였다. 시험시공 노반에서 교통하중이 발생한뒤 3개월이 경과한 시점에서 절삭후 평판재하 시험,PDCP시험,FWD시험,MDD시험을 통하여 공용성 평가를 실시하였다.

3.결과 및 고찰

3.1 복합슬래그의 시공성 평가

시공 구간에서 복합슬래그(고로슬래그 : 제강슬래그 = 3 : 7)를 기층 및 보조기층재로 포설하였으며 복합슬래그의 현장 적용성을 비교 평가하여 위하여 그 이외의 구간에서는 쇄석을 기층 및 보조기층재로 포설하였다. 복합슬래그층 포설구간에는 보조기층재로서는 MS-40, 층두께 17cm, 기층재로는 MS-25, 층두께를 15cm로 하였으며, 쇄석층 포설구간에서는 40mm 쇄석층을 32cm 두께로 포설하였다.

시공도로의 지지력을 검증하기위한 평판재하시험 위치별 다짐회수 및 방법을 달리하였다. 평판재하시험 결과 보조기층(MS-40)의 경우 진동다짐 12회에 31.4kgf/cm^3 를, 15회에서는 33.6kgf/cm^3 를 나타내었으며, 기층면의 경우는 진동다짐 7회와 타이어다짐 3회를 병용한 개소에서 32.6kgf/cm^3 으로 나타났다. 도로공사시방서 기준인 30kgf/cm^3 를 만족하는 다짐횟수는 보조기층면은 약 12회 이상의 진동다짐과 기층면은 진동 7회이상, 타이어다짐 3회 이상 하였을 때인 것을 알 수 있다.

현장시험의 특성상 실내시험과는 달리 현장의 상태가 비교적 불균일하여 같은 다짐회수라도 위치마다 약간의 편차는 있었으나 향후 현장다짐시 진동다짐과 타이어 다짐을 병행하는 방법이 효과적이며 다짐회수도 10회 이상을 하여야 할 것으로 판단된다. 이는 진동로울러에 의하여 압밀된 복합슬래그가 타이어로울러에 의하여 미세균열이 제거되고 더욱 다짐이 치밀하게 되어 우수한 지지력이 발현된 결과로 사료된다.

시공도로의 노면으로부터 깊이에 따른 구조적 특성을 평가하기위한 PDCP시험 위치별 다짐회수 및 방법을 달리하였다. PDCP시험 결과 포장층 깊이(-17cm~-32cm)에서 KS F 2535(도로용 철강 슬래그) 기준인 수정 CBR값 80을 모두 넘고 있어, 노반재로서의 사용에 무리가 없을 것으로 판단되며 다짐방법에 관계없이 대체로 비슷한 값을 나타내고 있다

3.2 복합슬래그의 공용성 평가

시험시공 직후 복합슬래그 기층에 대한 MDD시험의 변위값 측정결과 아스팔트층에서 하부 기층 부위로 갈수록 교통하중의 전달감소로 인하여 그 변형량은 적었다.

중차량 하중에 의한 변위량의 발생은 복합슬래그기층이 쇄석 기층보다 그 처짐량이 적었

는데 이는 비록 15톤 중차량의 2회 주행만으로 실험한 결과이지만 초기 값만을 놓고 본다면 슬래그기층의 강성이 쇠석기층의 강성보다 비교적 우위에 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 단순히 입자와 입자간의 interlocking에 의하여 지지되고 있는 쇠석기층에 비하여 경질의 계강슬래그와 수경성을 가진 고로슬래그로 구성된 복합슬래그의 강도발현으로 인한 것으로 추정되며 고로슬래그의 수경성으로 인하여 시간이 지날수록 그 강도는 더욱 높아질 것으로 판단된다.

시험시공 3개월후 복합슬래그의 도로노반재로서 활용성과 시공도로의 공용성을 평가하기 위하여 절삭후 평판재하시험, PDCP시험, FWD시험, MDD시험을 실시하였다. 시공후의 복합슬래그의 지지력 변화 및 팽창성을 확인하기 위하여 2개소를 절삭하여 평판재하 시험을 실시한결과 지지력계수값은 ㉔ 지점이 60kgf/cm^3 로서 진동로올러 6회 다짐한 포설당시의 21.8kgf/cm^3 의 175.3%의 증가율을, ㉕ 지점이 64kgf/cm^3 로서 진동로올러 12회 다짐한 포설당시의 34.3kgf/cm^3 의 86.6%의 증가율을 각각 나타내었다.

PDCP시험결과 시험포설 당시보다 관입지수(Penetration Index)는 현저하게 낮아져 1회 타격시 관입되는 깊이가 두드러지게 낮아졌음을 알 수가 있으며, 추정CBR값 역시 현저하게 증가되어 복합슬래그 노반재의 역학적 특성이 향상되었음을 알 수 있었다. FWD시험을 일반쇄석을 포설한 구간에서 3m간격으로 12개소를, 복합슬래그를 포설한 구간에서는 9m간격으로 10개소에서 실시하였다. 하중은 쇠석포설층과 복합슬래그 포설층에 약 8400 lbf(3810kgf)을 각각 발생시켜 그에 따른 처짐량을 FWD에 부착된 7개의 속도계(Geophone)로부터 측정하였다. 그리고, 이 처짐량을 역해석하여 modulus를 산출하였으며, 일반 쇠석포설구간의 12개소와 복합슬래그 포설구간 10개소에서 측정한 처짐값들로부터 역해석 환산한 modulus의 평균값은 슬래그 구간에서 표층이 1979912psi, 슬래그층이 평균 50000psi로서 쇠석구간의 표층 평균 1136690psi, 쇠석층 평균 25203psi보다 2배에 가까운 값을 나타내어 복합슬래그의 경화에 의한 구조적 성능의 향상을 다시 한번 입증하고 있다.

MDD시험결과 시험포설한 당시와 마찬가지로 15톤 덤프트럭을 공차량으로 시속 50km로 주행하게 하여 변위값을 측정하였다.

중차량(15톤 덤프 트럭) 하중에 의한 단면에 따른 깊이별 변위량의 경우 복합슬래그층에서는 아스팔트층 하단(-16cm)의 처짐량이 $44\mu\text{m}$, 기층상단(-26cm)의 처짐량은 $39\mu\text{m}$ 로서, 쇠석층의 $49\mu\text{m}$, $44\mu\text{m}$ 보다 낮게 나타났다.

이는 아스팔트 하단과 기층 상단에서 모두 복합슬래그 기층이 쇠석기층보다 그 처짐량이 적게 나타남으로서, 교통하중 통과에 대한 복합슬래그층의 역학적 특성이 우수함을 보였다.

4. 결 론

복합슬래그의 시공성평가 결과 현장다짐시 진동다짐과 타이어롤러 다짐을 병행하는 방법이 효과적이며 다짐회수도 10회 이상을 하여야 할 것으로 판단되었다. MDD(Multi-Depth Deflectometer)시험에서 복합슬래그 기층이 쇄석 기층보다 그 처짐량이 적게 발생하였으며, 복합슬래그기층의 강성이 쇄석기층의 강성보다 비교적 우위에 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 단순히 입자와 입자간의 interlocking에 의하여 지지되고 있는 쇄석기층에 비하여 경질의 제강슬래그와 수경성을 가진 고로슬래그로 구성된 복합슬래그의 강도발현으로 인한 것으로 추정되며 고로슬래그의 수경성으로 인하여 시간이 지날수록 그 강도는 더욱 높아질 것으로 판단된다. 최초 포설한 뒤 3개월이 경과한 시점에서 복합슬래그층의 역학적 성상변화와 포설도로의 공용성을 평판재하시험,PDCP시험,FWD시험,MDD시험을 통하여 평가한 결과 복합슬래그가 쇄석보다 우수하다는 것이 상기한 모든 시험에서 입증되었다.

5.참고문헌

- 1) Moon H. Y. 외 3명, “제강슬래그를 콘크리트용 골재로 사용하기 위한 기초적 연구”, 한국콘크리트학회 학술발표회, pp.39~44, 1997.
- 2) おくむら, ひるあき, “製鋼スラグの道路材料への効果利用”, 舗装, 29(6), pp.24~28, 1994.