

일반국도 Whitetopping 시험시공 공용성 평가

Performance of Whitetopping Overlays on National Highway in Korea

장진연¹⁾ · 임태선²⁾ · 엄주용³⁾ · 조윤호⁴⁾

Jang, Jin Yen · Um, Tai Sun · Um, Joo Yong · Cho, Yoon Ho

1. 서 론

국가 산업의 발달과 경제 성장으로 인한 도로의 신설 및 확충이 최근 20여 년간 약 2배의 증가를 보이고 있다. 반면에 차량의 증가는 1980년 527,729대에서 1999년 11,163,728대로 폭발적인 증가를 보이고 있어 도로의 상황은 더욱 열악해 지고 있다. 아스팔트 포장은 기존 일반국도 포장의 대부분을 차지하고 있으며 고속국도의 60%를 차지하고 있다.¹⁾ 콘크리트포장에 비해 상대적으로 많은 비중을 차지하고 있는 아스팔트 포장은 잦은 파손과 유지보수로 인해 국가적으로 포장 유지관리비의 부담을 증대시키고 있다. 이런 현실에서 중하중 교통노선이나 피로 균열이 잦아 공용수명이 짧아진 아스팔트 포장의 효과적인 유지보수방법으로 Whitetopping이 도입되었다

이미 미국, 일본, 유럽 등의 포장 선진국에서는 수차례의 시험시공을 수행하여 Whitetopping의 거동을 분석하고 시공법을 개발하고 있으며, 현재는 시험시공의 공용성 평가 보고서들이 보고되어지고 있다. APCA에서는 Whitetopping의 공용성 평가 결과 줄눈간격과 슬래브 두께 관계, 기존 아스팔트층의 부착 문제 등이 영향 미친다는 것을 발표하였다.^{2,3)} 이것은 일본시멘트 협회에서 주관한 시험 시공 연구결과와도 일치된다.⁴⁾ 이외에도 Kansas, Tennessee, Minnesota 등 미국의 여러 주에서는 Whitetopping 포장 시공 시 기존 아스팔트층의 두께조건과 환경 온도의 영향을 분석하였다.^{5,6,7)} 그러나 아직까지도 연구수행 중에 있어 공용성 평가와 사후 관측에 대한 연구 보고가 부족한 실태이다.

국내에서는 2002년 실제 교통량이 없는 덕평폐도에서 두 차레 시험시공을 수행을 하였으며 이 후 2003년에는 실제 중차량 통행이 많은 순천지역의 일반국도에 적용하였다. 덕평폐도는 교통이 차단된 도로로서 환경하중에 의해서만 Whitetopping포장이 영향을 받으며 이에 대한 단기 공용성 평가는 이미 7차레에 걸쳐 수행되었다. 본 글에서는 국내 최초로 실제 교통차량이 통행하는 순천 일반국도의 Whitetopping포장에 대한 단기 공용성을 평가함으로써 이를 기반으로 시공상의 문제점을 파악하고 장기 공용성 평가를 예측하고자 한다. 이러한 연구 수행은 아직까지 국내에서 Whitetopping포장이 연구단계에 있기 때문에 실용화를 위한 지속적인 시험시공의 공용성 평가와 사후 관측이 매우 중요하다.

2. 시공계획 및 적용 대상 구간

일반국도 Whitetopping 시험시공 구간은 중차량이 많아 반복적인 유지보수를 해오고 있는 여수 - 순천(17호선)과 순천 - 광양(2호선)간 도로로 선정하였다. 시공 구간 계획은 각 국도의 교차로에 양방향 100m씩 2구간, 총 400m, 4구간으로 나누어 기계식 공법으로 진행하였다. 덧씌우기 설계 두께는 중차량이 많은 지역적 특성을 감안하여 15cm로 계획하였다. 또한, 줄눈간격은 1.8m×1.8m로 하되 슬래브 크기에 따른 거동을 분석하기 위하여 일부 구간에서는 3.6m×1.8m로 계획하였다. 다음 <그림 1>은 시험시공 단면을 그린 것이다.

* 비회원 · 중앙대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(jycivileng@hanmail.net)

** 정회원 · 쌍용양회 기술연구소 책임연구원 공학박사(taisunum@hanmail.net)

*** 정회원 · 한국도로교통기술원 책임연구원 공학박사(eumjy@freeway.co.kr)

**** 정회원 · 중앙대학교 공과대학 건설환경공학과 부교수(yhcho@cau.ac.kr)

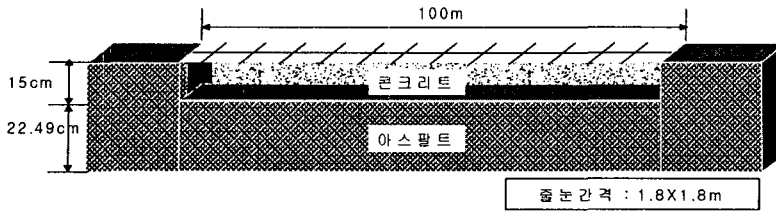


그림 9. 단면 계획

시험시공 구간의 보수 전 코어채취와 육안 관측을 통해 포장 상태를 파악하였다. 또한, 단기 공용성 평가를 위한 계획을 수립하였다. 그러나, 이 지역이 화물 운송을 담당하고 있는 주도로이므로 차량 통제의 어려운 점을 감안하여 제한된 공용성 평가 항목이 불가피 하였다. 다음 <표 1>은 각 구간에 대한 간략한 특징과 평가항목을 나타낸 것이다.

표 1. 시험시공 구간의 특징과 평가항목

구간		시공 일시	포장 상태 파악	평가 항목
17호선	여수-순천	2003년 7월 23일 (pm.10시)	<ul style="list-style-type: none"> 2~4%의 구배 러팅, 종방향 균열 존재 	<ul style="list-style-type: none"> PrI 평탄성 측정 코어 채취 육안 관측
	순천-여수	2003년 7월 24일 (am. 9시)	<ul style="list-style-type: none"> 직선 구간 러팅 존재 	
2호선	광양-순천	2003년 7월 25일 (am.11시)	<ul style="list-style-type: none"> 곡선 구간 러팅 존재 	
	순천-광양	2003년 7월 25일 (pm. 2시)	<ul style="list-style-type: none"> 직선 구간 러팅 존재 	

3. 공용성 평가 방법

3.1 평탄성 측정(PrI)

포장의 평탄성은 차량의 승차감, 주행 안정감, 도로 시설물 및 포장의 파손에 영향을 미치므로 이에 대한 기준을 정하여 도로 이용자 입장에서 도로를 평가하는 것이다. 평탄성 측정 장비로는 과거에는 APL 등이 사용되었으나 오늘날에는 ARAN과 같은 첨단장비가 사용되어진다. 본 시험 시공 구간에서는 사용 방법이 간편한 Profile Meter를 사용하여 측정하였다. 측정된 Profile은 종방향의 중심선을 기준으로 양측 2.5mm 간격의 일정 폭의 띠를 만들고 도면 위에 상하 수평 경계선을 벗어난 파형 중 높이가 1mm, 폭이 2mm 이상인 것을 모두 합하여 cm 단위로 환산한다. 그 값을 총 연장(Km)으로 나눈 값이 PrI 값이 된다.

$$PrI = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{L}$$

여기서 h_i : 5mm 띠에서 벗어난 파형의 높이

L : 측정 도로의 길이, n : 5mm 띠에서 벗어난 파형의 총 개수



건설교통부 제정 도로공사표준시방서(1996)에는 도로의 선형, 포장형태 및 특성에 따라 구분하고 있으며 도로 본선 콘크리트 포장의 Pri 기준값을 16cm/km 이하, 중단구배 5%이상과 곡선반경 600mm이하의 구간은 24cm/km로 정하고 있다. 측정 방법에 따라 Whitetopping 시험시공 구간의 Pri 값을 측정한 결과는 <표 2>과 같다.

표 2. 시험시공 구간 Pri 값

구간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	계	Pri
17호선	2	8	2	5	5	2	4	2	7	6	2	45	45
2호선	2	3	1	2	3	1	1	3	2	2	-	20	20

곡선부와 약간의 구배가 존재하는 국도 17호선 Pri값이 상대적으로 높은 값이 나왔다. 이는 레미콘 트럭의 연착으로 인한 연속시공 불가, 낮은 슬럼프로 인한 워커빌리티 저하, 시공 후 표면청소 불량과 곡선부에서의 프로파일 미터 운전자의 기계조작 미숙 등의 복합적인 이유에서 발생한 시공과 측정상의 문제로 판단된다. 하지만 국도 2호선은 일정 간격의 배차, 적정 슬럼프 등의 작업 조건 개선으로 인하여 평탄성이 다른 구간에 비해 양호하였다.

3.2 코어채취

Whitetopping 시험시공 현장의 코어채취를 통하여 중앙부의 기존 아스팔트 층과 Whitetopping 층과의 부착상태를 파악하기 위해서 시공 2주 후인 2003년 8월 초에 코어링을 실시하였다. 코어채취 결과 모든 시편의 층간 부착상태는 양호하였으며, 부착강도 시험결과는 <표 3>와 같다.

<표 3> 부착강도 시험결과

구 분		1구간 중앙부	2구간 줄눈부	3구간 줄눈부	4구간 중앙부
부착강도	하중(kg)	654	624	404	584
	강도(kg/cm ²)	8.2	7.8	5.0	7.3

본 구간에서는 부착력 증대를 위하여 밀링 후 표면청소를 실시하였다. 부착강도 실험 결과 1, 2, 4구간의 시편은 부착면이 아닌 노후된 아스팔트층이 미리 분리되었다. 따라서, 아스팔트와 콘크리트의 부착강도가 아스팔트 포장체의 인장강도 이상임을 나타내는 것으로 아스팔트 표면처리와 청소가 부착력 증대에 효과적임을 보여주었다. 3구간은 절단면은 아스팔트와 콘크리트의 경계면에서 발생하였으며, 부착강도는 5.0kg/cm²으로 낮게 측정되었는데, 이는 아스팔트 절삭 및 청소 과정에서 다량의 미분이 제거되지 않음으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 소량의 노출된 골재만이 콘크리트와 부착이 이루어진 것으로 판단된다.

3.3 사후 관측

사후관측은 교통개방 후 1일내와 약 13일 후, 2회에 걸쳐 실시하였고 조사 대상 항목은 균열, 줄눈전이, 단부 마감처리에 따른 포장 파손 여부, 줄눈절삭 후 물청소에 따른 문제점 파악 등으로 설정하였다. 전체적인 줄눈절삭은 1.8m×1.8m 간격으로 하였으며 이에 따른 줄눈 유도는 코어채취 및 깊이 측정을 통하여 확인한 결과, 상당 구간에서 줄눈 유도가 이뤄지지 않았다. 이는 줄눈절삭의 깊이 조정 미숙 및 완전히 줄눈부 물청소가 이뤄지지 않은 결과로 판단된다. 단부 처리에 따른 포장 파손 여부 조사결과, 국도 17호선의 시공은 인접 아스팔트와 Whitetopping 시공면이 접하는 단부 처리는 본선 포장과 동일 높이로 처리한 반면 국도 2호선은 인력을 통하여 경계면을 명확히 구분하고 표면마감처리를 실시하였다. 조사 결과 국도2호선의 단부 상태가 상대적으로 양호하였고 균열 및 파손 발생



비율도 매우 낮게 조사되었으나 국도17호선의 포장은 곳곳에서 접속부 및 단부 균열이 발견되었다. 따라서 단부 처리가 Whitetopping 공용성에 영향을 미치므로 이에 대한 세부적인 지침이 필요할 것이다. 줄눈 유도를 위해 콘크리트 포장에 사용되는 절삭기를 이용하여 줄눈절삭을 실시한 후 줄눈부 물청소를 실시하였다. 이것은 인접 아스팔트 포장 표면에 얼룩을 발생시키고 미관상 불쾌감을 조성한다. 또한, 줄눈부 청소 불량으로 인하여 절삭시 발생하는 슬러리가 다시 유입되면서 일정 절삭 깊이 미확보로 인한 줄눈부 유도가 불량하였다. 따라서 깨끗한 줄눈부 청소가 요망되며 습식이 아닌 다른 방법을 강구할 필요가 있다고 판단된다. 따라서 사후 관측 결과를 반영하기 위하여 향후 개발될 시 방식에는 이와 같은 문제점에 대한 해결책을 마련되어야 할 것이다.

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 Whitetopping 시험시공 구간의 단기공용성 평가를 수행하였으며 이를 통하여 향후 국내의 Whitetopping 시공 시 추가적인 고려사항들을 도출할 수 있었다.

1. Whitetopping 포장의 평탄성은 재료품질관리와 시공성 등에 의하여 크게 좌우되므로 작업장의 관리가 매우 중요함을 보여준다. 본 시험 구간에서의 PrI는 평균 32.5cm/km로 국내 신설포장 기준치인 16cm/km보다 비교적 높게 나왔으나 위의 사항들이 잘 유지된 구간에서는 PrI값이 20cm/km로 비슷하게 측정되었다.
2. Whitetopping 포장에서 슬래브 크기는 초기 콘크리트의 거동에 크게 영향을 미친다. 그러나 건조수축이 완료된 후 환경적 영향에 의한 팽창량의 차이는 두드러지지 않았다. 또한, 길어깨부의 구속력에 의하여 횡방향의 종방향 변형량보다 2~4배 정도 적은 팽창량을 보였다.
3. 코어채취를 해본 결과 기존 아스팔트층의 밀링 후 표면 청소가 부착력 증대에 상당히 효과적임을 입증하였다.
4. 2회에 걸쳐 실시한 사후 관측 결과, 줄눈 유도, 단부 마감처리, 줄눈부 청소 등에 관한 개선책을 마련하고 보다 엄격한 시공관리가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 구한모, "교통하중 및 환경하중 조건에 따른 Whitetopping 거동 분석", 중앙대학교 석사논문, 2002.12
2. Lawrence W. Cole, James W. Mack, "Thin Bonded Concrete Overlays of Asphalt Pavement", ACPA, 1999
3. James W. Mack, et al, "Ultra-Thin Whitetopping(UTW): The State-of-the-Practice for Thin Concrete Overlays of Asphalt", TRB, 1998
4. (사) 일본 시멘트 협회, "Reports on the Thin Bonded Whitetopping Techniques", 2001.12
5. Scott M. Tarr · Matthew J. Sheehan · Paul A. Okamoto, "Guidelines for the Thickness Design of Bonded Whitetopping Pavement in the State of Colorado", Colorado Department of Transportation Research Branch, 1998.11
6. Julie M. Vandebossche · Aaron J. Fagerness, "Performance and Repair of Ultra-Thin Whitetopping : The Minnesota Experience", TRB 81st Annual Meeting, 2002.1
7. Nicoleta I. Dumitru · Mustaque Hossain · John Wojakowski, "Construction and performance of Ultra-Thin Whitetopping in Kansas", TRB 81st Annual Meeting, 2002.1