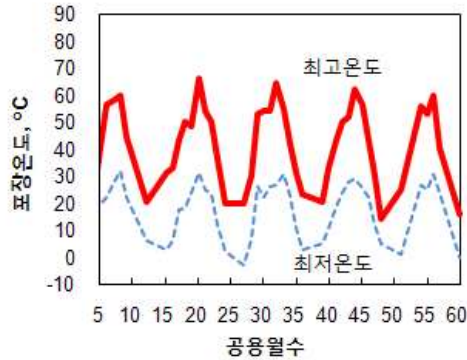




차단한 후에 실시한 동재하 시험에 사용한 3축 덤프트럭의 통과회수를 의미하고 표 1의 각 관측일 기준 한 달 전 후에 통과회수를 모두 고려하였다. 시험차량은 중하중 혹은 과적하중에 의한 포장의 응답을 측정하고 관련된 손상을 예측하기 위하여 적용하였으며, 일반교통량에 비하여 매우 적지만 포장의 성능변화 미치는 영향은 무시할 수 없다고 판단하였다. 특히, 시험도로에서는 2005년 4월 28일부터 2006년 12월 21일까지 비교적 장시간 일반교통을 전면 차단하고 시험차량에 의한 주행시험을 여러 차례 실시하였다. <그림 1>은 아스팔트포장 노면으로부터 4cm 깊이에 매설된 온도계로 측정한 월별 최고(실선), 최저(점선) 온도 분포이다. 여름철 포장노면의 최고온도는 50℃ 이상으로 1년에 약 3개월에서 5개월 정도 지속되는 것으로 관측되었다.

<표 1> 시험도로 포장상태조사일시 및 교통량

관측일	월	일반교통량 (누적)	시험차량 (오차 : ±20대)
2002년 12월01일	0	0	-
2004년 9월14일	21,5	935,971	5,200
2005년 5월 2일	29	2,806,429	1300
2005년 8월31일	32	2,831,193	1000
2006년 5월23일	41,7	2,831,193	3,526
2006년 10월12일	46,5	2,889,384	1000
2007년 7월 1일	57	4,754,597	1000
2007년 12월 1일	62	6,276,774	1000

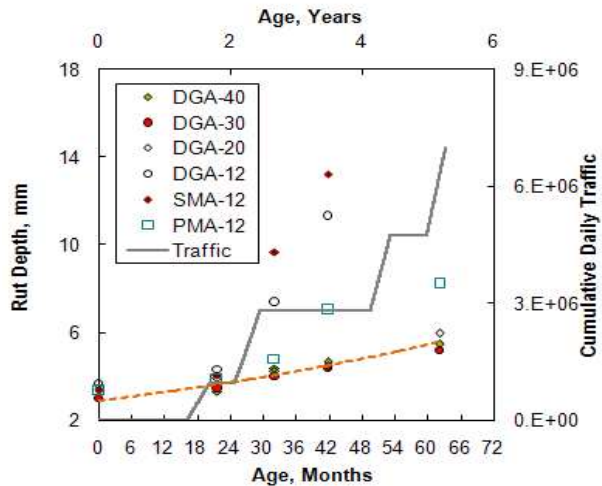


<그림 1> 아스팔트포장 온도 변화(깊이 4cm)

3. 결과분석 및 토의

3.1 소성변형

시험도로는 표층이 5cm, 중간층이 7cm로 모든 단면에서 동일하고 기층은 8cm, 18cm, 그리고 28cm로 다양하게 구성되어 있다. 기층은 각 두께별로 쇄석, BBI(Black Base Type-1), 그리고 BB3 중 하나로 시공되어 있다. 아스팔트 층의 전체 두께가 12cm인 경우는 그 단면의 기층이 쇄석을 의미한다. <그림 2>는 일반 밀입도를 표층으로 하는 아스팔트 포장 전단면과 SMA와 개질재 혼합물(PMA) 단면 중 아스팔트 층이 가장 얇은 단면에서 발생한 소성변형의 변화이다. 여기서, 범례의 수는 아스팔트 층의 총 두께(cm)를 의미하며 점선은 가장 얇은 단면을 제외한 모든 밀입도 단면에서 발생한 소성변형의 평균적 변화이다. 일반적으로 1차로 보다는 중차량이 빈번하게 통행하는 2차로에서 소성변형의 증가율이 크게 나타났다. 특히 쇄석기층 포장에서는 PMA를 제외하고 거의 모든 단면에서 12mm 이상의 소성변형이 발생하였으며 이 단면에 대해서는 마지막 관측일(2007년 12월) 직전에 전단면 보수가 시행되었다. 밀입도 단면에서



<그림 2> 단면별 소성변형의 증가(2차로)

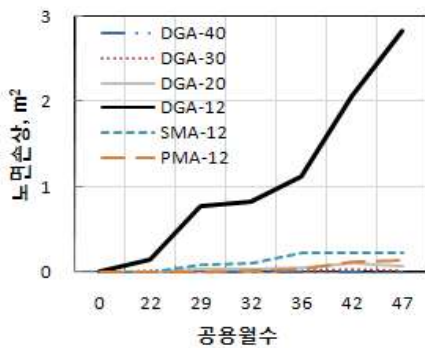


는 아스팔트 기층의 종류에 따른 소성변형의 차이는 거의 없었으나 쇄석기층의 경우에는 두께에 따라 소성변형의 증가율은 차이가 관측되었다. 일반차량이 장기간 통제된 기간(약 29개월~51개월)에도 얇은 단면에서의 소성변형은 꾸준히 증가하였는데 주로 시험차량과 고온에 의한 영향으로 추정되었다. 실제로 이 기간 동안 실시한 측정이 시기적으로 고온에서 정기계측과 병행하여 진행되었음을 확인하였다.

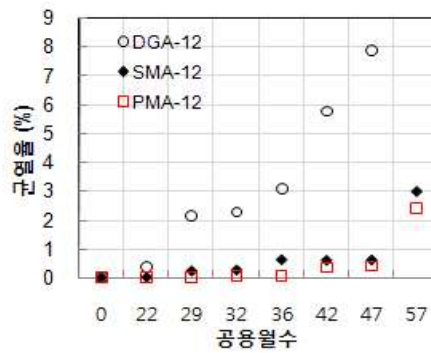
3.2 노면손상(Surface Distress Area, SDA)

시험도로 포장노면에서 발생한 균열손상 중에서는 종방향 균열이 횡방향 균열에 비해 발생빈도가 높았으며 특히 밀입도 표층을 갖는 얇은 포장(쇄석기층)에서 꾸준히 증가하였다. 반면에 아스팔트 층의 두께가 20cm 이상인 단면에서는 최종 관측일(2007년 12월) 전까지 거의 종방향 균열이 관측되지 않다가 밀입도 표층 단면에서만 급격히 증가하였다. 피로균열은 쇄석기층을 갖는 단면에서 주로 발생하였으며 PMA 표층이 피로균열에 대한 저항성이 비교적 높았다. 시험도로에서 발생한 모든 선형균열(중, 횡방향균열)과 피로균열 그리고 부분 보수 면적을 통합하여 노면손상(SDA)으로 정의하고 <그림 3>과 같이 2차로에서 단면별로 비교하였다. 쇄석기층을 갖는 단면이 균열과 같은 노면손상에 취약하고 그 중에서 일반 밀입도 단면의 노면손상이 압도적으로 크게 발생하였다. 균열율은 아래의 식(1)과 같이 정의하고 <그림 4>와 같이 쇄석기층 단면에서 비교하였다. 밀입도 표층 단면에서의 균열율은 약 7.9%로, SMA(2.9%)와 PMA(2.4%)보다 압도적으로 높았다. 36개월 이후 밀입도 단면의 노면손상의 증가는 상대적으로 낮은 온도에서 발생한 균열과 패칭 등 부분보수면적 때문인 것으로 분석되었다.

$$\text{균열율(\%)} = \frac{[(\text{선형균열}) \times 0.3 + (\text{피로균열} + \text{부분보수면적})]}{\text{측정단위} \times \text{차로폭}} \times 100 \quad (1)$$



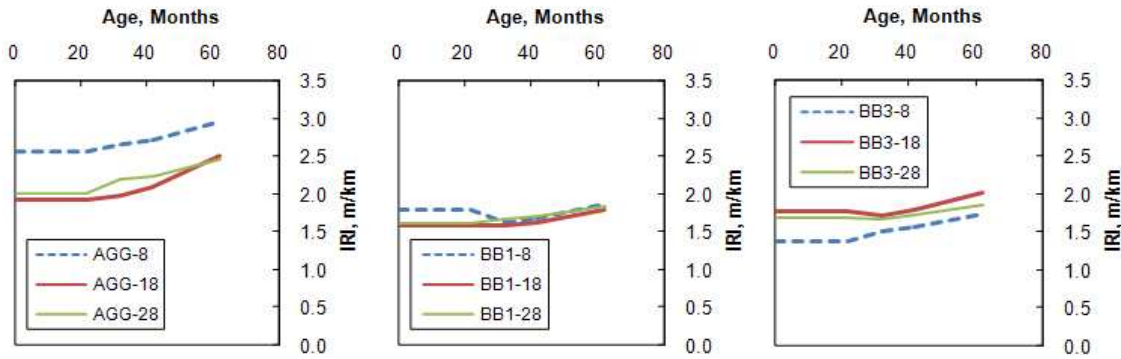
<그림 3> 노면손상의 변화(2차로)



<그림 4> 쇄석기층 포장의 균열을 변화

3.3 중단 평탄성

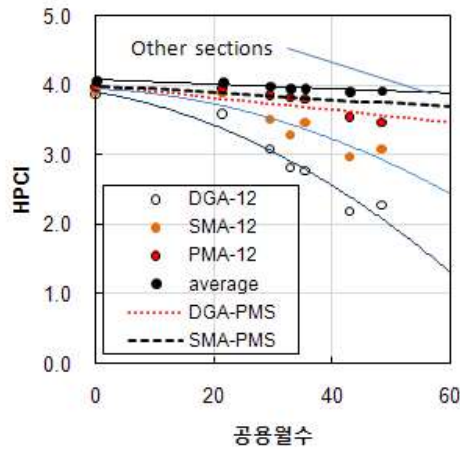
시험도로의 중단 평탄성은 IRI(International Roughness Index)의 변화로 평가하였다. IRI의 초기값은 1, 2차로 모두 약 1.0에서 2.5사이에 존재하였다. 초기값에 따라 평탄성의 변화도 약간 다르게 나타났는데 초기값이 작을수록 즉 시공직후의 평탄성이 좋을수록 평탄성의 변화가 일반적으로 작았다. 초기 IRI는 1, 2차로 모두 쇄석기층을 사용한 대부분의 단면에서 비교적 높고 아스팔트 기층 포장에 비하여 공용중 IRI의 변화도 크게 관찰되었다. 아울러 시험도로 단면의 중단 평탄성은 계절적 변화나 시험차량에 의한 부분적인 손상보다는 일반 교통하중에 많은 영향을 받는 것을 알 수 있다. <그림 5>는 기층의 종류 및 두께별 IRI의 변화를 보여주고 있다. 아스팔트 기층 단면의 경우 기층의 종류별 IRI의 변화에는 큰 차이는 없었으며 쇄석기층에 비하여 그 증가율도 낮았다. 쇄석기층의 경우에는 두께별로 IRI의 초기값에는 차이가 있었지만 증가율은 모두 유사하였다.



〈그림 5〉 기층 종류 및 두께에 따른 IRI의 변화(2차로)

3.4 고속도로 포장 상태지수(HPCI)

현재 국내 고속도로 포장의 상태지수는 HPCI(Highway Pavement Condition Index)를 사용하여 결정하고 이 정보를 이용하여 포장 관리 및 유지보수 시기를 결정하고 있다. HPCI는 미국의 AASHO 시험도로(1950)에서 개발된 상태지수인 PSI(Present Serviceability Index)와 유사하다. 본 장에서는 시험도로 포장 단면에 대한 상태지수를 결정하고 이를 일반 고속도로 포장과 비교하였다. HPCI 산정식은 일반적인 포장 상태를 표현하기 위하여 사용하는 복합지수이기 때문에 각 개별손상의 특성에 따라 특이구간이 발생할 수 있다, 아울러, 평가연장이 100m로 일괄 적용됨에 따라 짧은 구간에서 발생할 수 있는 국부손상의 반영이 충분하지 않을 가능성이 있다. 따라서 최근에 수정된 HPCI(2006)를 사용하여 10m 단위로 측정된 각 손상변수에 대하여 10m 단위 HPCI를 구하고 이를 100m 마다 평균하여 최종 HPCI를 결정하였다. 〈그림 6〉은 시험도로 아스팔트포장의 HPCI의 변화이다.



〈그림 6〉 시험도로 포장의 HPCI 변화

여기서, 범례의 "average"와 그래프 상의 "other sections"는 쇄석기층 포장을 제외한 모든 아스팔트 단면에서 구한 HPCI의 평균값이고 DGA-PMS와 SMA-PMS는 각각 고속도로의 밀입도와 SMA 포장의 상태지수에 대한 예측으로 2003년부터 2006년까지 고속도로 전 노선에서 조사한 포장상태자료를 분석하여 도출하였다(2006). 앞서 다룬 각각의 포장 손상과 그 변화에 대한 분석을 통해서 짐작 할 수 있듯이 시험도로에서는 쇄석기층을 갖는 일반 밀입도 포장의 공용성능이 제일 낮은 것을 알 수 있다. 그 다음으로 SMA, PMA 순서이고 나머지 시험도로 단면의 HPCI는 초기 상태로부터 거의 변화가 없었다. 지금까지의 결과를 바탕으로 국내의 도로환경에서는 쇄석기층의 사용이 포장의 공용성 측면에서 바람직하지 않고 아스팔트 층은 일반밀입도 표층을 사용하더라도 최소한 20cm 이상이 되어야 할 것으로 판단되었다.

4. 결론

- 시험도로의 노면 평탄성의 저하는 소성변형이나 균열손상과는 다르게 환경요인이나 시험차량에 의한 영향을 거의



받지 않으며 일반 교통하중의 재하이력과 관련이 있었다.

· 시험도로 준공 후 소성변형은 대부분의 단면에서 꾸준하게 증가하고 특히 쇄석기층을 갖는 포장 중 일반밀입도와 SMA 단면에서는 12mm 이상의 소성변형이 관측되어 전단면 보수를 시행하였다. 그러나 쇄석기층의 두께에 따른 소성변형의 차이는 거의 없었다.

· 본 연구에서 분석한 여러 가지 손상(균열율, 소성변형, 평탄성) 중에서 일반적인 고속도로 아스팔트포장의 보수 기준을 초과한 손상형태는 소성변형이 유일하게 관측되었다. 즉 시험도로에서는 아스팔트 층의 두께가 얇은 경우 균열에 의한 손상보다는 차륜부의 소성변형이 더 지배적임을 알 수 있다.

· 아스팔트 층의 두께가 20cm 이상이 되면 포장 손상의 변화가 거의 유사함을 알 수 있었다. 또한, 두 기층용 혼합물(BB1과 BB3)이 보이는 물성 차이(서영국 외 1인 2008)와는 다르게 시험도로 포장의 공용성에 미치는 기층 혼합물의 영향은 작았다.

감사의 글

본 논문은 한국도로공사의 “시험도로를 활용한 도로포장의 장기 공용성 평가 및 고속도로 교통하중과의 연관성 분석 연구” 와 건설기술평가원 국책과제인 “성능중심의 건설기술 표준화 연구” 의 중간 성과물로 저자일동은 이 지원에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

서영국, 권순민, "시험도로 아스팔트 포장의 공용성 변화 분석," 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, 제28권 제1D호, 2008.
한국도로공사, 고속도로상태조사 및 분석, 2차 최종보고서, 2006.
한국도로공사 도로교통기술원, 시험도로 건설과 운영에 관한 연구, 중간연차보고서, 2002.