



국내 아스팔트포장의 소성변형으로 인한 유지보수비용 및 문제점 조사에 관한 연구

A study on the maintenance cost and problems due to the plastic deformation in asphalt pavement

박태순*, 고석범**, 김수삼***

1. 서 론

우리 나라 도로의 약 90% 이상을 차지하고 있는 아스팔트 포장은 기상변화로 인한 이상고온 현상과 교통량의 증가로 인해 극심한 소성변형(plastic deformation)이 발생하고 있다. 다른 토목 구조물에 비하여 많은 예산을 사용하고 있는 아스팔트 포장분야는 어떠한 문제가 발생할 경우 장기적인 문제점 해결보다는 한시적이며 즉각적인 조치로 문제를 해결해 왔다. 현재 국내의 아스팔트 포장은 극심한 파손(distress), 특히 소성변형이 심하게 발생하여 도로의 기능을 상실함으로써 사용자에게 원활한 서비스를 제공하지 못할 뿐만 아니라 막대한 유지보수비로 인해 국가적인 예산낭비를 하고 있는 실정이다.

본 연구는 국도 및 고속도로 아스팔트 포장의 현장조사 자료를 근거로 기존 포장을 유지보수하기 위하여 사용한 과거 10년간의 예산사용액을 타토목구조물과 비교 검토하였으며, 소성변형으로 인한 문제점, 우리 나라 소성변형의 특성 및 원인에 대하여 분석하였다. 본 연구의 목적은 소성변형으로 인한 문제점을 환기시키고 국가적인 대비책을 마련할 수 있는 계기를 제공하는데 있다.

2. 아스팔트포장의 유지보수 비용

건설교통부 도로유지 보수비용 중 여름철 높은 기온으로 인한 아스팔트 포장의 소성변형 보수비용이 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 그림 1의 1997년도 전교부 집계자료에 의하면 도로포장 유지 보수비용에 사용된 예산은 1987년에는 약 300억원이었으며 1996년에는 약 700억원으로 매년 꾸준히 증가하고 있는 실정이며 1993년까지는 타토목구조물에 비하여 월등히 높은 것을 알 수 있다. 한편, 교량신설 및 보수비는 성수대교 사고가 발생한 이후 1995년부터 일시적으로 증가하였으나, 교량 신설로 인한 비

* 서울산업대학교 토목공학과 조교수(02-970-6506)

** 중앙대학교 대학원 토목공학과 박사과정

*** 중앙대학교 건설환경공학과 교수(02-820-5259)

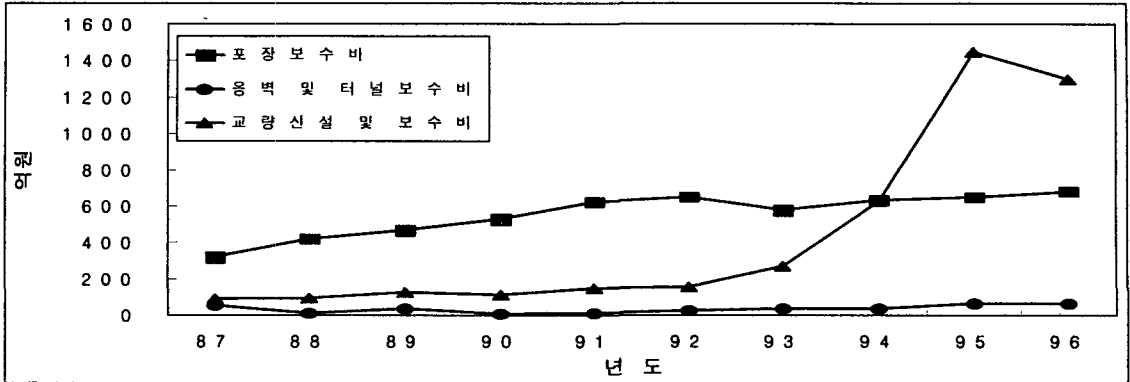


그림 1. 과거 10년간 포장 및 교량, 옹벽, 터널 관련 도로유지보수비용(건설교통부, 도로손상비 부과기준개발, 1997)

용을 감안하면 유지보수비가 차지하는 비율은 도로포장 유지보수에 차지하는 비용에 비하여 크게 낮은 것으로 분석된다. 또한, 교량 신설 및 보수비는 1996년부터 다시 감소하기 시작하지만 도로포장 보수비는 87년부터 96년까지 매년 꾸준히 증가하고 있으며 향후 교통량의 증가로 인하여 더욱 크게 늘어날 전망이다.

표 1은 예측된 10년간 보수비용의 현재 가치환산비용을 나타낸 건교부 자료이다. 표 1에서 포장 관련 유지보수비는 약 1조원으로 교량관련 유지보수비(4천 9백억) 보다 두배 정도 높게 나타나고 있다. 따라서 도로포장 유지보수비용 중 대부분을 차지하고 있는 소성변형과 관련된 비용을 줄이기 위해서 국가적인 차원의 새로운 기준정립 및 수립 등 종합적인 개선책이 간구 되어야 하는 것으로 분석되었다.

표 1. 예측된 10년간 보수비용의 현재 가치 환산 비용 (단위 : 억원)

항 목	향후 10년간 보수비용의 현재 가치 환산비용
포장 관련 유지 보수비	9,755
교량 관련 유지 보수비	4,900

(건설교통부, 도로손상비 부과 기준 개발 최종보고서, 1997)

3. 소성변형의 문제점

3.1 교통안전

소성변형이 발생하면 강우시 도로면 배수가 원활하지 못하게 되어 주행 차량에 의하여 물보라를 일으키고, 수막현상(Hydroplaning)이 발생되어 노면 마찰력 감소로 교통안전에 문제가 발생한다. 또한



동절기의 결빙이 쉽게 발생되어 미끄러운 면을 형성하여 사용자에게 많은 불편과 교통사고의 위험성을 초래한다.

3.2 쾌적성

소성변형이 발생하면 도로의 횡단면이 설계시 위치를 더 이상 유지할 수 없게 되므로 조향성과 주행성이 불량하게 되어 승차감이 떨어지며 사용자에게 불쾌감을 준다. 또한 도로의 기능을 상실함으로써 사용자에게 원활한 사용성(Serviceability)을 제공하지 못하게 된다.

3.3 포장의 조기파손

소성변형이 발생한 포장의 전형적인 보수방법으로 평삭을 실시한 후 그대로 교통을 개방시키거나 또는 새로운 표층을 시공함으로써 두께의 부족을 초래하고 구아스팔트면과 신아스팔트면과의 탄성계수 차이가 발생하여 조기파손 및 잦은 보수의 원인이 되고 있다.

3.4 환경 및 재산피해

절삭한 아스콘은 건설 폐자재로 처리비용 및 환경문제를 야기하며 현재 국내에서는 공식적인 통계자료가 미비한 실정이나 자동차의 타이어 등 부품의 마모를 촉진시켜 수명을 단축시킴으로서 재산상의 피해를 초래한다.

4. 국내 소성변형의 특성

국내 소성변형의 특성은 외국의 경우와 다소 다른 형태를 띠고 있다. 즉, 정차구간 및 저속차량이 많이 분포하기 때문에 이러한 외부적인 요인으로 인하여 소성변형은 더욱 심하게 나타났다. 본 연구에서는 국도와 고속도로를 중심으로 조사 분석하였다.

4.1 국도

가) 파손형태별 분포

표 2는 1997년 국도 아스팔트 포장에 대한 현장조사자료 1.4)를 근거로 분석한 파손 형태별 분포를 나타낸 것이다. 표 2에서 보는 바와 같이 소성변형은 전체 구간 중 74%를 차지하고 있어 포장 파손형태 중 소성변형이 가장 심각한 상태에 있다는 것을 알 수 있다.

표 2. 파손 형태별 분포

파손 형태	연장(km)	분포정도(%)	비고
소성 변형	124.2	74	전체 표본구간의 조사 연장 구간 169km
균열	83.9	49.6	
거북등 균열	7.6	4.5	
소파 수선	0.9	0.5	



나) 소성변형 분포

'96년도 국도 구간별 소성변형 분포를 분석한 결과, 소성변형은 최고 35mm로 측정되었으며 전체 평균값은 5.53mm로 조사되었다. 미국 교통국(USDOT)의 경우, 소성변형이 10mm-25mm인 경우는 보통으로 25mm 이상인 경우는 매우 극심한 소성변형으로 분류하고 있다.

그림 2는 '97년 국도 구간별 소성변형 평균값을 나타낸 것이다. 소성변형 깊이는 최고 27mm로 측정되었으며, 전체 평균값은 6.62mm로 조사되었다. 소성변형 평균값은 98년도 조사한 값이 97년도보다 평균 1.1mm 더 높게 측정되어 소성변형

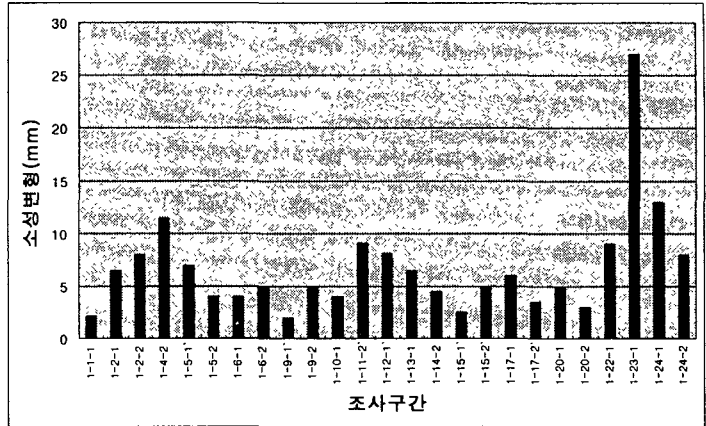


그림 2. 국도 구간별 소성변형의 평균값('97국도유지보수조사 보고서)

이 해마다 조금씩 증가하고 있는 것으로 판단된다. 특히 소성변형이 35mm로 측정된 구간은 극심한 변형량을 보여주고 있어 재료실험을 바탕으로 원인분석 작업이 진행되어야만 할 것으로 판단된다.

4.2 고속도로

가) 소성변형 분포

1998년 고속도로 유지보수조사 결과를 바탕으로 나타난 아스팔트 포장의 소성변형의 분포는 그림 3과 같으며 최고 17mm, 평균 7.0mm의 분포를 나타냈다.

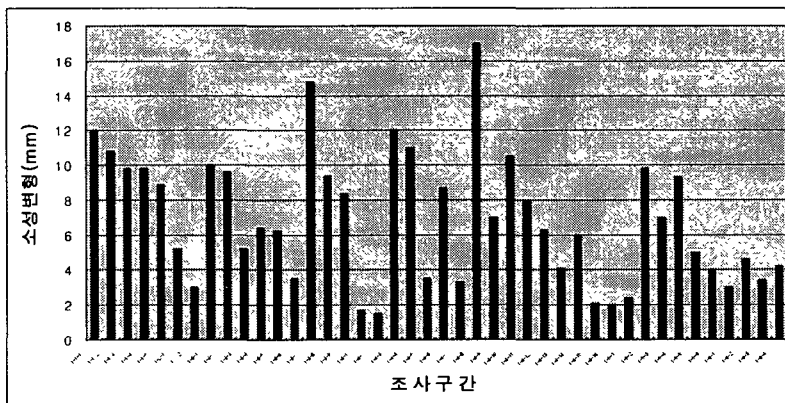


그림 3. 고속도로 포장구간에 대한 소성변형 분포현황(한국도로공사, 1998)



나) 국도 및 고속도로 소성 변형량 비교

국내 소성변형 분포는 국도 최고 35mm, 고속도로 최고 17mm인 구간이 존재하여 이미 포장파손이 진행되어 있음을 알 수 있으며, 소성변형으로 인한 교통안전을 초래하고 있어서 소성변형 방지 대책이 시급한 것으로 나타났다.

5. 소성변형 발생 장소 및 유형

국내 아스팔트 포장의 현장조사를 실시한 결과 국내에서 발생하는 소성변형의 주된 장소는 시가지의 경우, 교차로와 같은 정지 및 서행 통행이 많은 부분과 국도의 경우에는 통행이 많은 도로에서 특히, 의왕, 안양, 수원 외곽도로에서 주로 많이 발생하고 있었다. 소성변형의 유형은 시가지의 경우에는 밀입도 포장의 표층에서 육안으로 관찰할 때 아스팔트 함량의 과다와 표면의 미관과 평탄성을 고려하여 지나치게 잔골재를 많이 사용함으로써 발생하는 측방유동현상으로 분석된다. 또한 국도의 경우 위에서 조사된 자료처럼 중차량에 의한 소성변형은 바퀴자국이 깊게 패이고 바퀴자국의 중앙부는 심하게 올라오는 전형적인 유형을 보이고 있다.

의왕시 소성변형 사례연구3)에 의하면 소성변형의 원인으로 아스팔트함량 과다(7.0-7.4%, 규정:5-7%)로 인한 공극률 저하와 일부 과도한 세립분(7.1-13.0%, 기준:4-8%)의 사용을 주된 원인으로 보고하였으며 교통측면은 안양, 수원 등 인접시에 비해 중차량 통행이 2배정도 많으며 특히, 신호대기 시간이 길어(전체의 약50%) 정지하중에 의한 소성변형이 촉진되는 것으로 조사되었다. 기타 요인으로는 '94년의 이상고온현상과 현행배합기준의 한계로 인한 것으로 조사 분석되었다.

Dawley(1990)⁸⁾는 아스팔트의 소성변형 형태를 ①표면의 소성변형(wear rutting) ②구조적 소성변형(structural rutting) ③불안정 소성변형(instability rutting)으로 구분하고 있는데 우리 나라의 소성변형은 주로 불안정 소성변형으로 아스팔트 포장층내의 재료가 측방으로 유동하여 발생하고 있어서 배합설계가 잘못된 아스팔트 혼합물에서 발생하게 된다. 이러한 관점에서 국내의 소성변형을 방지하기 위해서는 시공, 교통량, 배합설계 및 설계기준을 재정립해야 하는 것으로 본 연구에서 나타났다.

6. 결론

1. 과거 10년간 도로포장 유지보수비는 매년 꾸준히 증가하고 있는 실정이며 기타 토목구조물의 유 보수비용에 비하여 4배-6배정도 높은 것으로 나타났다.
2. 아스팔트포장에서 가장 많이 존재하는 파손 형태는 소성변형이며 전체 조사구간 중 약 74%를 차지하고 있어서 포장 파손형태 중 소성변형이 가장 심각한 상태임을 알 수 있다. 국내 소성변형 깊이는 국도에서는 최고 35mm, 고속도로는 최고 17mm인 구간이 존재하고 있다.
3. 국내 소성변형 발생 장소는 시가지의 경우 교차로와 같은 정지 및 서행통행이 많은 부분과 국도의 경우 중차량의 통행이 많은 도로에서 주로 많이 발생하고 있었으며 소성변형의 유형은 과도한 아스팔트 함량 및 공극율의 저하로 인한 불안정 소성변형이 대부분인 것으로 나타났다.



7. 참고문헌

1. 고석범, 김수삼, “國道 아스팔트 鋪裝의 塑性變形에 관한 研究”, 중앙대 생산공학 연구소 논문집, 제 6권, 1997.
2. 박태순 “아스팔트 포장의 소성변형 원인 및 대책”, 한국건자재시험연구원, 1999.
3. 서영찬, 김남호, 이광호, 최진욱, “아스팔트 포장 소성변형 원인조사 사례연구”, 아스팔트 포장공학의 첨단기술, 1996
4. 한국건설기술연구원, “96국도 유지보수조사 보고서”, 건설교통부, 1997
5. 한국건설기술연구원, “97국도 유지보수조사 보고서”, 건설교통부, 1998
6. 한국건설기술연구원, “도로 손상비 부과기준 개발”. 건설교통부, 1997
7. 한국도로공사 도로연구소, “포장재료의 공용성 예측모델 개발(Ⅱ)”, 1998
8. Dawley, “Mitigation of Instability Rutting of Asphalt Concrete Pavement in Lethbridge Alberta, Canada”, Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 59, 1990.