

고속도로 포장의 종단 평탄성 및 소성변형 특성

Longitudinal Roughness and Rutting on Highway Pavements

김준범*, 홍승호**

Kim, Jun Beom · Hong, Seung Ho

1. 서론

고속도로 포장은 자동차 전용 도로로서 최상의 수준으로 유지관리 해야 되는 도로이다. 고속도로 포장을 최상의 수준으로 관리하기 위해 기능성 평가 요소인 종단 평탄성과 소성변형은 매우 중요한 요소이다. 본 논문에서는 경부고속도로 외 5개 노선의 우리공사 사업대상 구간을 대상으로 조사된 종단평탄성과 소성변형 자료를 분석하여 고속도로 포장의 기능성 평가 요소의 특성에 대하여 설명하고자 한다.

포장의 공용성은 초기 공용시점에서 노면손상과 구조성능은 최상의 성능을 나타내며 공용 년 수가 경과함에 따라 성능저하를 나타내어 일정한 관리기준에 도달하게 되면 보수작업을 수행하게 된다. 표면 손상 등의 기능성요소는 보수작업을 수행함으로써 다시 초기상태로 성능향상이 이루어지지만 구조성능 등의 저하로 인해 전체적인 공용성능은 초기상태로 복귀하지는 않으며, 다음 번 보수가 필요할 때까지 걸리는 시간은 점점 짧아지게 되어 결국 재포장 보다 보수작업으로 인한 경제성효과가 떨어지게 되면 전면적인 재포장을 수행하게 된다.

본고에서는 포장의 기능성 향상을 위해 조사된 종단 평탄성과 소성변형 특성에 대하여 조사 자료를 분석한 결과 공용 년 수에 따라 종단평탄성과 소성변형이 상이한 것을 발견하였으며, 공용 년 수가 20년 경과된 88고속도로에서 종단평탄성은 하위 5%에서 가장 낮아진 것으로 나타났다. 소성변형은 영동선에서 하위 5%에서 가장 낮아진 것으로 분석되었다.

2. 종단 평탄성 조사 및 결과

포장의 평탄성은 주행시 승차감을 크게 좌우하는 요소이다. 평탄성의 저하는 포장체의 변형에 기인하며 이러한 변형은 차량의 진동을 가중시켜 승차감이나 안전성을 저감시키게 된다. 포장의 평탄성을 정량화 하여 공용성능을 판단하려는 노력은 오래 전부터 계속되어 왔으며 이러한 노력의 일환으로 다양한 측정 장비들이 개발되었다. 이러한 장비들은 크게 캘리포니아 프로파일로 그래프와 같이 인력에 의해 측정하는 형태와 차량에 탑재하여 주행중 평탄성을 측정하는 형태로 대별할 수 있는데, 네트워크레벨에서 대량의 조사자료를 수집하기 위해서는 주행중 차량에 의한 방법의 사용이 필수적이다.

본 조사에서 종단평탄성은 ARAN의 Laser SDP 서브시스템으로 측정하였다. 측정간격은 50mm이고 측정시 차량속도는 80km/hr이다. 차량의 좌우측 차륜부 위치에 장착된 2대의 레이저센서는 노면까지의 높이차를 측정하고 가속도센서는 차량의 상하 움직임을 보상함으로써 높이차 측정을 위한 일정한 기준을 제공한다.

Laser SDP는 미국 FHWA의 분류에 의한 Class II와 ASTM(E950)의 Class I 측정정밀도 규격을 만족한다. IRI산출을 위한 구간 길이는 100m이다. 이는 고속도로포장관리시스템 (HPMS, Highway Pavement Management Systems)내의 데이터베이스 자료축적이 100m 단위구간으로 설정되어 있기 때문이며, AASHTO PP 37에서도 IRI를 산출하기 위한 기본단위를 100m로 규정하고 있다. 좌우측 차륜통과부에서 측정된 IRI는 산출평균하여 그 구간의 IRI 대표치로 하였다. IRI는 차량진행방향으로 하나의 선상으로 측정된 프로파일에 의해 산정되는 지수이다. 따라서 측정시 차량의 Wandering으로 인하여 매년 동일한 선상위를 통과하는 것은 불가능하며 좌우측 차륜부에서의 값도 서로 차이가 날 수 있다. 따라서 이러한 영향을 최소화하기 위하여 평균값을 대표치로 산정하였다.

*정회원 (주)로드코리아 실장 공학석사 031-371-3385 (E-mail:junkim@roadkorea.net)

**정회원 한국도로공사 도로교통기술원 공학석사 031-371-3440 (E-mail:HSH373@freeway.co.kr)

노선별로 조사된 중단 평탄성은 그림 1부터 그림 6에서 보는 바와 같이 다양하게 조사되었다. 남해고속도로와 대전-통영고속도로의 경우 공용 년수가 길지 않은 대전-통영 고속도로에서 중단 평탄성이 낮게 조사되었다. 또한, 공용 년수가 20년 정도 경과된 88고속도로는 표 1에서 보는 바와 같이 하위 5%의 IRI가 4.3으로 조사되어 다른 노선과 비교하여 매우 불량한 중단 평탄성을 나타내고 있는 것으로 조사되었다.

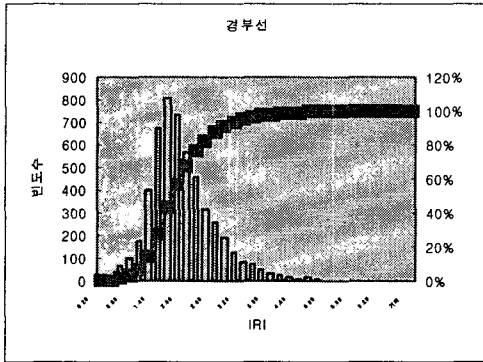


그림 1. 경부선 중단 평탄성 결과

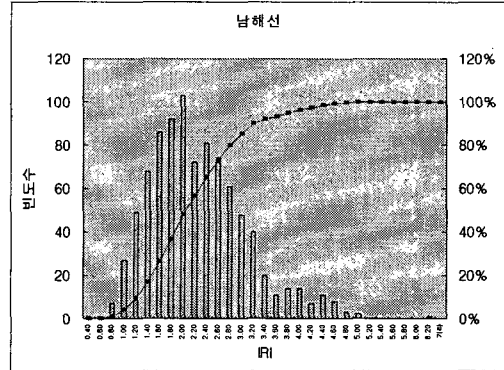


그림 2. 남해선 중단 평탄성 결과

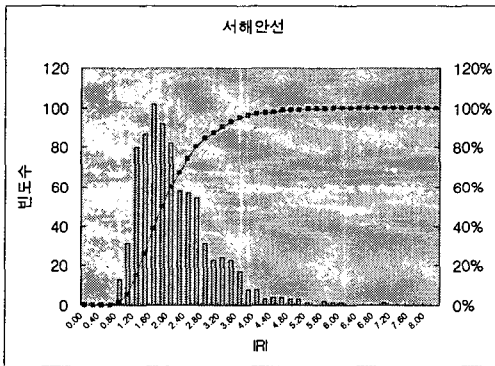


그림 3. 서해안선 중단 평탄성 결과

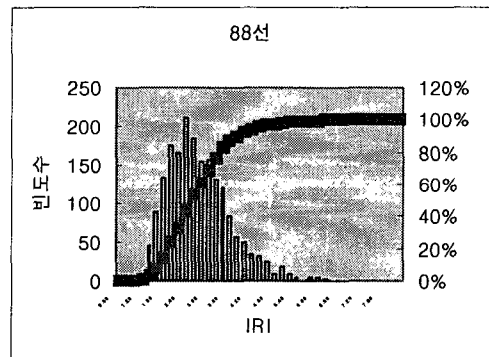


그림 4. 88고속도로 중단 평탄성 결과

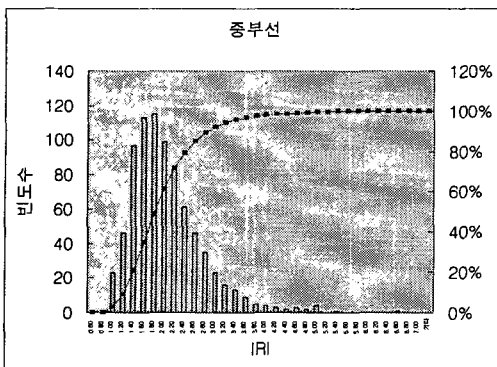


그림 5. 중부선 중단 평탄성 결과

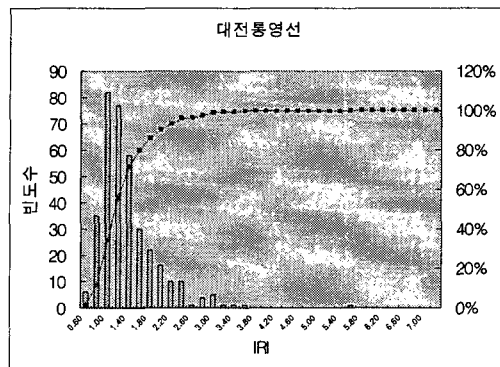


그림 6. 대전-통영선 중단 평탄성 결과



표 1. 노선별 종단 평탄성 조사 결과

노선	경부선	경인선	남해선	88선	영동선	호남선
최소값	0.8	1.0	0.8	1.0	0.6	1.0
상위 5%	1.0	1.3	1.0	1.5	0.9	1.2
최빈값	1.6	2.2	1.5	2.4	1.6	1.8
하위 5%	3.3	3.7	3.1	4.3	3.3	3.3
최대값	5.8	5.0	4.2	6.0	5.2	4.8

3.소성변형 조사 및 분석결과

소성변형은 측정하는 방식과 도구에 따라 측정치에 차이를 나타낸다. 일반적으로 가장 널리 쓰이는 방법은 직선자 방법인데 그림 7과 같이 적당한 길이의 직선자를 노면의 횡방향으로 거치시키고 이때 직선자와 노면사이의 간격을 측정하게 된다.

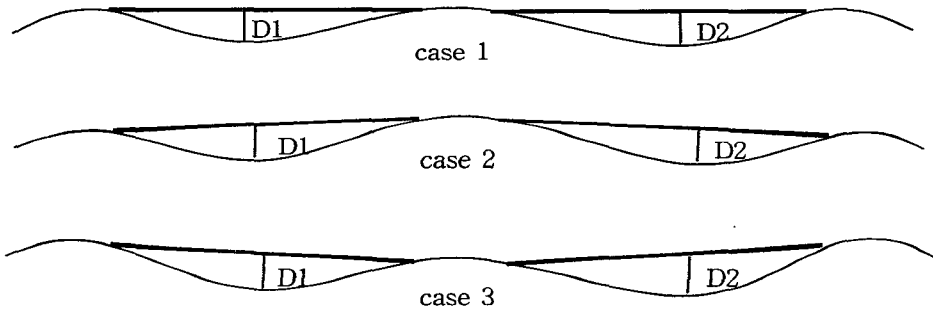


그림 7. 직선자법(Straight Edge Method)에 의한 소성변형측정

자동조사장비의 경우 노면의 변형량을 측정하기 위한 센서의 개수에 따라 그림 8과 같이 3점법에 의한 방법과 그림 9에 의한 5점법 등으로 나눌 수 있다. 그러나 이러한 측정방법은 실제적인 소성변형량을 측정하기보다는 일종의 지수(Index)를 산정해 내게 된다. 그 이유는 손상부위를 통과할 때 센서의 위치가 정확하게 손상이 최대로 발생한 부위와 일치하지 않으면 실제 발생량과 차이가 생길 수 있기 때문이다.

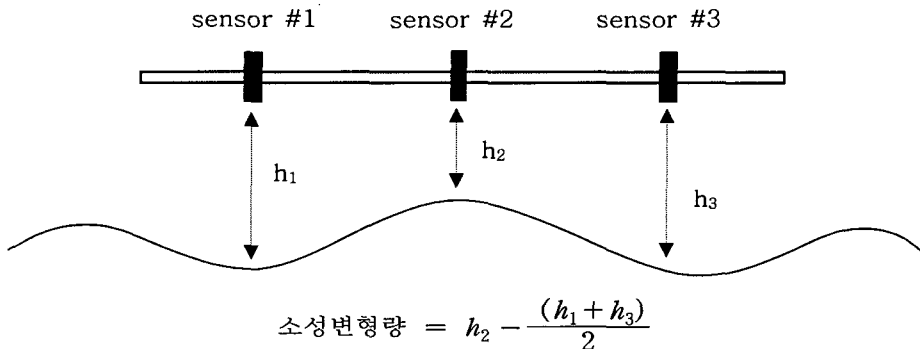


그림 8. 3점법(Three Point Method)에 의한 소성변형량 측정

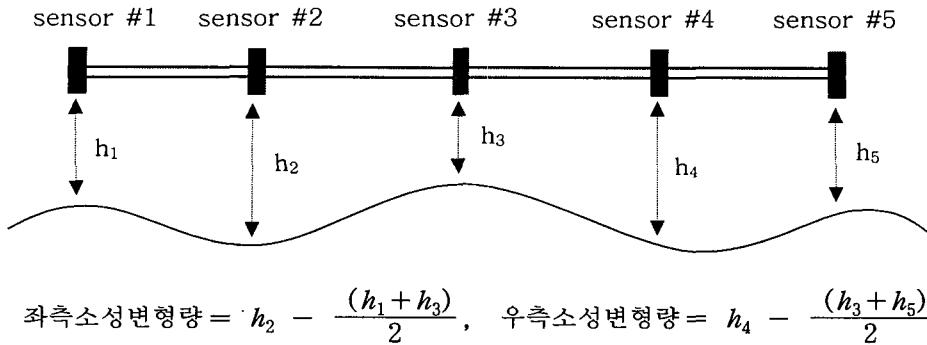


그림 9. 5점법(Five Point Method)에 의한 소성변형량 측정

따라서, 실제적인 소성변형량과 좀 더 일치되는 값을 얻기 위해서는 측정폭을 넓히고 센서의 배열은 조밀하게 할수록 유리하다. 본 연구에서는 주변차량과의 안전문제를 고려하여 측정폭을 3m로 고정시켰으며 소성변형량 산정을 위한 알고리즘은 앞서 설명한 줄자에 의한 측정방법과 동일한 요령으로 산정하였다.

노선별로 조사된 소성변형값은 그림 10부터 그림 15에서 보는 바와 같이 다양한 수치로 조사되었다. 교통량이 많은 경인고속도로에서는 그림 11에서 보는 바와 같이 조사된 노선 중 가장 높게 소성변형이 발생한 것으로 조사되었다. 조사 노선 중 영동선에서도 높은 소성변형이 발생한 것으로 조사되었다.

노선별로 조사된 하위 5%의 소성변형값은 표 2에서 보는 바와 같이 10.1mm으로 조사되었다. 또한, 조사된 노선 중 남해고속도로에서 최대 20mm의 소성변형값이 조사되어 국부적으로 소성변형이 크게 발생된 것으로 분석되었다.

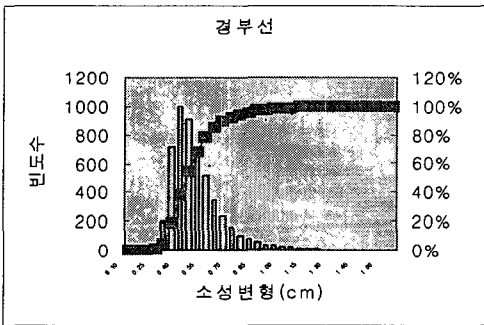


그림 10. 경부선 소성변형 측정결과

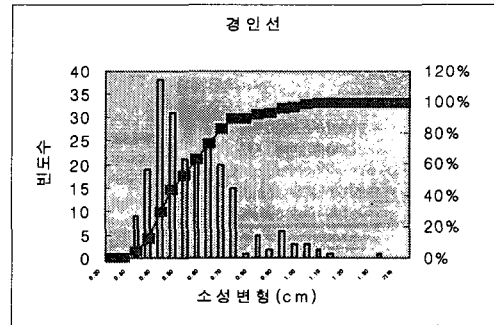


그림 11. 경인선 소성변형 측정결과

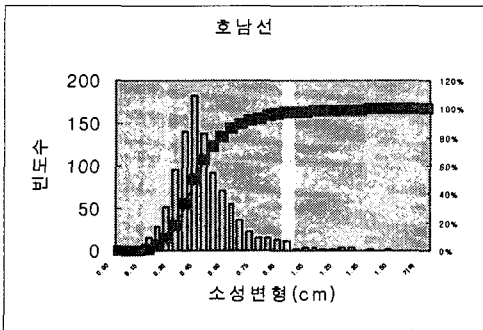


그림 12. 호남선 소성변형 측정결과

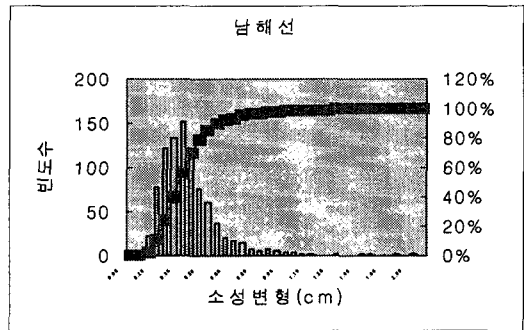


그림 13. 남해선 소성변형 측정결과

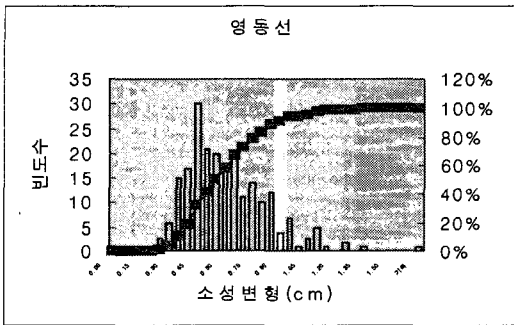


그림 14. 영동선 소성변형 측정결과

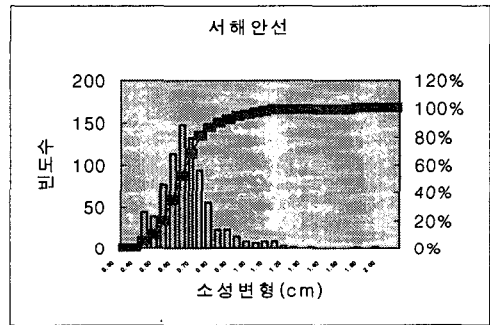


그림 15. 서해안선 소성변형 측정결과

표 2. 노선별 소성변형 측정 결과

노선	경부선	경인선	남해선	서해안선	영동선	호남선
최소값	1.5	2.5	1.0	3.5	2.5	1.5
상위 5%	3.0	3.0	1.8	4.0	3.3	2.2
최빈값	4.5	4.0	3.5	6.0	4.5	4.0
하위 5%	8.0	9.0	7.0	9.0	10.1	8.0
최대값	16.0	13.0	20.0	18.0	19.0	15.0

4. 결론

본고에서 분석된 노선별 종단평탄성과 소성변형 조사자료 결과는 고속도로의 유지관리를 위한 사업계획을 수립하는데 있어 매우 중요한 자료로 활용되고 있으며, 고속도로 노선별 종단평탄성과 소성변형 조사자료를 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

종단 평탄성은 남해고속도로와 대전-통영고속도로의 경우 공용 년수가 길지 않은 대전-통영 고속도로에서 종단 평탄성이 낮게 조사되었다. 또한, 공용 년수가 20년 정도 경과된 88고속도로는 하위 5%의 IRI가 4.3으로 조사되어 다른 노선과 비교하여 매우 높은 종단 평탄성을 나타내고 있는 것으로 조사되었다.

소성변형값은 교통량이 많은 경인고속도로에서 조사된 노선 중 가장 높게 소성변형이 발생한 것으로 조사되었다. 조사 노선 중 영동선에서도 높은 소성변형이 발생한 것으로 조사되었다. 노선별로 조사된 하위 5%



의 소성변형값은 10.1mm으로 조사되었다. 또한, 조사된 노선 중 남해고속도로에서 최대 20mm의 소성변형값이 조사되어 국부적으로 소성변형이 크게 발생된 것으로 분석되었다.

참고문헌

1. G.DESCORNET, F.FUCHS, CONCRETE PAVING TEXTURE, International Workshop on "Noise reducing concrete surfaces", Vienna 24-25 February 1992.
2. Rado, Z., "Analysis of Texture Profiles," PTI Report 9510, Pennsylvania Transportation Institute, State College, Pa., 1994.
3. G. Zoltan, A. Sidess, and H. Bonjack, "Rational Method for Selecting Maintenance Treatment Alternatives on the Basis of Distress Structural Capacity and Roughness", TRB, Transportation Research Record 1344, pp99~98, 1991.