

이용자 중심의 평탄성 관리기준 수립에 관한 연구

Establish of road roughness management criteria involving user's standpoints

이신라* · 손영태** · 정철기*** · 박상욱****

Lee, Shin Ra · Son, Young Tae · Jung, Chul Gi · Park, Sang Wook

1. 서론

고속도로는 교통량이 많고 장거리를 고속 주행하게 되는 특성을 가지고 있는 도로로 이용자들은 여러 가지 요소로 인해 고속도로를 주행의 만족도를 달리 느끼게 된다. 최근 교통정보가 중요한 요소로 부각되는 점을 제외하면 고속도로 이용자들의 만족도를 측정할 수 있는 지표 및 중요도에 노면 상태가 가장 중요한 요소로 작용한다.* 노면의 평탄한 정도는 바로 운전자나 이용자의 몸에 전달되므로 타 요소보다 만족도에 영향력이 크다. 따라서 노면 평탄성을 일정 수준이상으로 유지하는 것이 이용자의 만족을 위해 필요하며, 이를 위해서는 노면 평탄성의 기준이 필요하다.

본 연구에서는 이를 위해 이용자를 고려한 평탄성 관리기준을 수립하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 국내 고속도로 이용자에 대한 만족도를 조사하고, IRI와의 관계를 규명하여 이용자 중심의 평탄성 관리기준에 대한 검증 및 최적화를 수행하고자 한다. 기존의 평탄성 관리기준을 이용자의 서비스 요구수준을 고려하여 재정립한다면, 고객 만족도 향상 및 유지관리 체계 개선을 통한 사업의 효율적인 추진을 기대할 수 있을 것이다.

2. 연구방법

본 연구의 수행과정은 문헌검토, 조사방법 연구 및 노선 선정, 관련자료 수집 및 만족도 조사 실시, 결과 분석, 평탄성 관리기준 수립의 총 5단계로 진행하였다.

우선 이용자 중심의 평탄성 관리기준 수립을 위한 관련 문헌 고찰을 실시하고, 이를 바탕으로 이용자 만족도 조사 방법에 대해 연구 하였다. 이후 이용자 만족도를 조사하기 위한 대상 노선을 선정하고, 대상노선에 대한 관련 자료를 수집하여 실험을 위한 세부구간을 확정하였다. 선정된 대상노선에 대한 IRI자료 및 도로 포장 등의 도로 특성자료를 수집하여 세부구간을 확정하고 사전 현장조사를 통해 본 조사를 위한 이정을 확인 하였다. 실험에 참여할 운전자를 모집한 후, 사전 교육을 통하여 실험에 대한 설명을 실시하고, 운전자들과 보조자 각각의 역할에 맞추어 대상노선에서의 이용자 중심의 평탄성 및 만족도 조사를 실시하였다. 결과 분석에서는 수집된 data 분석 및 조사된 자료의 정리 및 분석을 실시하였고, 마지막으로 분석된 결과를 바탕으로 IRI값과의 관계를 이용하여 이용자 측면에서의 평탄성 관리기준 수립을 하였다.

* 명지대학교 교통공학과 석사과정(E-mail : sinra1008@naver.com)

** 정회원 · 명지대학교 교통공학과 교수 · 공학박사(E-mail : son@mju.ac.kr)

*** 정회원 · (주)로드코리아 전무 · 공학사(E-mail : ccg1231@ex.co.kr)

**** 정회원 · 한국도로공사 도로사업처 팀장 · 공학석사(E-mail : psw@ex.co.kr)

1) 노면평탄성 개선을 통한 고객만족도 향상, 2007, 도로처 내부자료



3. 문헌 고찰

3.1 국외 문헌고찰

미국에서는 AASHO(American Association of Highway Officials)를 중심으로 노면 평탄성에 관한 연구들이 1960년대부터 시작되어 현재까지 활발하게 진행되고 있다. Nakamura와 Michael(1963년)는 Indiana의 Lafayette에 위치한 Sixty test section (반경 40-mile 내)에서 30명을 대상으로 연구를 시행하여 PSI(Present Serviceability Index)와 관련된 지표들을 도출하였다. Janoff와 Nick(1983년)은 노면 평탄성의 주요 평가에 대한 차량과 운전자 특성의 영향에 대해 연구를 수행하였으며, 노면 평탄성에서 주요한 요소로 자동차 크기, 속도 그리고 측정자들의 특징 등이 있다고 기술하였다. Fernando와 Lee(1999)는 실험대상자(총 28명)들을 이용하여, 시험용 차량에 탑승하여 63개 이상의 시험 대상 구간의 포장 상태를 평가하였다. 아스팔트 포장보다 더 거친 콘크리트 포장에 대해 초점을 두어 평가하였으며, 노면 포장 유형에 따른 운행 질을 평가하기 위해서는 노면 포장, 자동차 요소 등을 고려해야 한다고 결론을 제시하였다. Krummel(2001)은 도로 포장에 대한 이용자의 인지를 판단하기 위해 3개 주에서 설문 및 전화를 통한 조사를 실시하여 고속도로의 포장상태에 대한 만족도를 단계적으로 확인하였다. Shafizade, Mannering, Pierce(2002)는 노면 평탄성과 이용자 특성에 도로 포장에 대한 실험과 분석을 실시하고, 이용자 기준으로 노면을 유지보수를 해야 하는 기준을 이용자가 수락할 수 있는 지수에서 85%이하 또는 이보다 더 아래임을 발견했다.

3.2 국내 문헌고찰

국내의 경우 도로평탄성과 이용자의 만족도의 상관성에 관한 연구 사례는 아직까지 없는 실정이다. 한국 도로공사는 Shafizzade, Mannering, Pierce의 연구에서 사용한 85%가 허용하는 것을 기초로 고객 만족도 85%를 달성하는 것을 목표로 설정하고 이 목표를 달성하기 위해 IRI 측정값이 2.5m/km 이상인 구간이 최소화되도록 고속도로 평탄성 개선 계획을 수립하였다. 고속도로의 평탄성 평가 기준은 표 1.에 나타난 바와 같이 5개 등급으로 나누어진다. 이는 관리자 입장에서의 유지관리 기준이므로 실제 고속도로를 이용하는 운전자나 승객이 느끼는 만족도에는 차이가 있을 수 있다.

표 1. 고속도로의 평탄성 등급 분류기준

등급	범위	평가	상 태	관리방안
1	1.5 이하	매우우수	쾌적한 승차감 확보	-
2	1.5 ~ 2.5	우수	승차감 양호	예방적유지
3	2.5 ~ 3.5	보통	부분적인 진동으로 승차감 저하	수선유지
4	3.5 ~ 5.0	불량	주행시 불쾌감이 느껴짐	개량
5	5.0 이상	매우불량	주행성 불량으로 속도저감필요	개량시급

3.3 문헌검토 결과

국내외 문헌을 검토한 결과 고속도로의 평탄성에 대하여 관리자 기준과는 차별화된 이용자를 중심으로 한 평탄성 관리기준 마련이 필요한 것으로 보인다. 이용자 중심의 평탄성 관리기준을 마련하기 위하여, 이용자 중심의 평탄성 관리기준 수립을 위한 방법론 설정이 우선시 되어야 한다. 그리고 이를 통해 이용자 중심의 평탄성 관리기준을 마련하고, 고속도로 이용자의 만족도를 높이기 위하여 고속도로의 적절한 유지관리에 활용해야 할 것이다. 또한, 고속도로의 경우 고속 주행상태에서 장거리 이용자가 많고, 고속버스와 화물차량 이용이 많아 평탄성이 서비스 수준에 미치는 영향이 크므로 연구를 통해 유지관리 목표 및 기준설정 등의 사결정기준을 확립하여야 할 것이다.

4. 관련 자료 수집 및 이용자 만족도 조사

4.1 대상노선 및 구간

조사 대상은 고속도로이용자를 대상으로 하되, 조사 대상 노선은 다양한 포장상태를 포함하고, 교통량이

높아 이용자가 많은 곳으로 선정하되 가능한 노선길이가 긴 곳으로 선정하여 다양한 조건의 평탄성에 대한 만족도가 조사되도록 하였다. 고속도로의 일반 현황 검토와 여러 가지 관련조건 검토를 기초로 하여 영동고속도로를 최종 조사 대상으로 선택하였으며, 구간은 신갈에서 서창으로 설정하였다.



그림 1. 조사대상 노선 및 구간

총 조사대상 구간은 83.6km(왕복)이고 이중 공사 구간 및 IC를 제외한 실제 실험 대상 구간은 72.0km이다. 노선의 포장은 아스팔트와 콘크리트 포장으로 되어 있으며 IRI 값은 0.74~6.54m/km로 다양한 상태를 지니고 있다. 조사대상 신갈~서창 구간은 양방향 차로수가 6~8차로 이며, 각 구간별 노선 길이는 서창~안산 구간이 18.0km 이고, 안산~신갈 구간이 23.8 km이다. 이용자 만족도 조사의 세부 구간은 총 72개의 구간으로 각 구간의 거리는 1km 이다. 실험은 도로의 특성을 일관성 유지하고, 이용자가 실험에 참가하였을 때 차로를 변경함으로써 인해서 발생하게 되는 안전상의 문제 등을 해소하기 위해 3차로에서 실시하였다.

4.2 차종 및 조사 인원

이용자 중심의 평탄성 및 만족도 조사는 09년 7월~8월 중 맑은 날 야간시간을 제외한 낮시간을 대상으로 실시하였으며, 주말을 제외한 평일에 조사를 실시하였다. 이용자 만족도 조사에 활용된 차량은 총 30대이며 경차/소형차, 준중형/중형차 및 SUV차량으로 실시하였다. 가장 많이 실험에 활용된 차종은 준중형/중형 자동차이며 총 26대이다. 경차/소형차와 SUV차량은 각각 2대씩 실험에 활용되었다. 실험에 참가한 총 인원은 30명으로 남성 운전자 24명, 여성운전자는 6명으로 대부분 남성 운전자가 실험에 참가하였다. 연령 분포를 살펴보면 20대 11명, 30대 12명, 40대 4명, 50대 3명으로 주로 20~30대의 운전자가 대다수를 차지하였다.

4.3 이용자 평탄성 및 만족도 조사

모집된 운전자를 대상으로 평탄성과 만족여부(Acceptability)에 대한 조사를 실시하였다. 사전교육을 받은 운전자들은 보조자와 함께 동승하여 실험에 참가하였다. 이때 헤드웨이 측정기를 활용하여 보조자가 차량의 속도를 조사하고, 차량 내 소음 측정기를 장착하여 차량의 내부 소음을 측정하였다. 운전자는 주행하고 있는 구간의 노면평탄성에 대한 만족도를 1~5의 범위(1점 Very Smooth, 5점Very Rough)로 평탄성을 선택하도록 하였다. 또한 주행 중 운전자가 허용가능한 평탄성인가를 조사하여 평탄성과 만족도(Yes or No)를 동시에 조사 하였다.



5. 자료 분석 및 결과

5.1 속도 및 소음

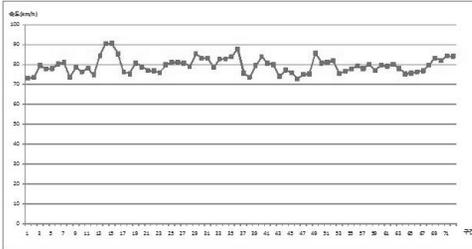


그림 2. 평균 속도

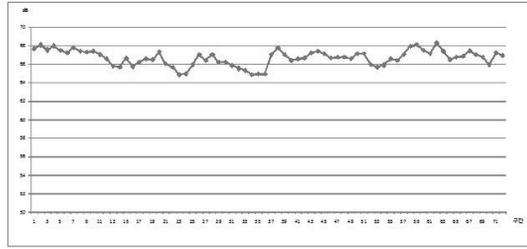


그림 3. 차량 내부 소음

이용자 평탄성 및 만족도 조사시 속도는 제한을 두지 않은 상태에서 운전자에 따라 자유롭게 주행하도록 하였으며 이를 측정하였다. 그림2. 는 평균속도 그래프를 타나내며, 이용자 평탄성 및 만족도 조사시 운전자들의 구간에 따른 평균 속도는 80km/h 전 후로 나타났다.

소음은 도로를 주행할 때 차량 내부와 외부의 및 기타소음을 포함하여 운전자가 듣는 소음을 측정하였으며, 그림 3.은 주행시 차량내부에서 측정된 소음의 평균을 나타낸다. 결과를 살펴보면 각 구간별로 소음은 비슷한 범위의 값(65dB~68dB)을 나타내는 것으로 측정되었다. 이는 차종이나 주행환경에 따라 약간의 차이는 존재하지만 차량 내부에서 듣게 되는 종합적인 소음에는 큰 차이가 없음을 타나낸다.

5.2 이용자 평탄성 조사 결과

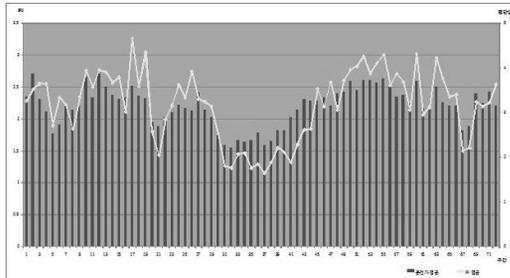


그림 4. IRI vs 이용자 평탄성

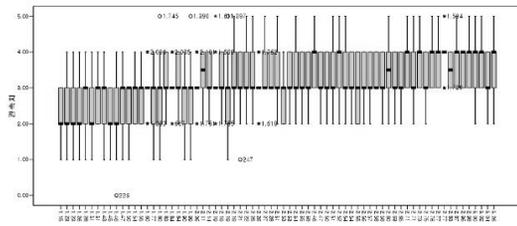


그림 5. 고객 만족도 지표 및 중요도

IRI 평균값과 이용자를 대상으로 조사된 평탄성 값의 평균을 살펴보면 그림 4.와 같다. IRI이 낮은 구간에서는 운전자의 평탄성에 대한 응답이 낮은 값을 나타내고, IRI가 높은 구간에서는 평탄성 값이 높은 값을 나타내는 것을 볼 수 있다. Boxplot을 통해서도 전반적으로 IRI 값이 커질수록 운전자의 응답이 값이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

그림 6.은 전체 조사 구간 중 각각 세부 구간에 대한 운전자의 평탄성 조사 값을 누적한 결과로, 그래프를 통해서 세부 구간별로 조사된 평탄성에 대한 응답 비율을 살펴 볼 수 있다. 대부분의 경우 이용자의 응답은 2~3의 값이 많은 비율을 차지하며, 일부 구간은 4이상의 값이 많은 비율을 차지하는 것으로 나타난다. 구간별로 약간의 차이는 발생하지만 대부분의 구간에서 IRI 값과 응답자의 답변이 비례하는 것을 확인할 수 있다. 그림 7.은 IRI 증가값에 따른 이용자의 평탄성에 대한 값과, 각 구간의 포장상태를 나타내는 그래프이다. 가장 낮은 평탄성 및 IRI 값을 나타내는 구간은 아스팔트 구간이며, 최대값을 나타내는 구간은 아스팔트/콘크리트 구간이다. 콘크리트 구간의 경우 다른 포장종류보다 상대적으로 높은값과 낮은값의 차이가 큰 것을 볼 수 있다.

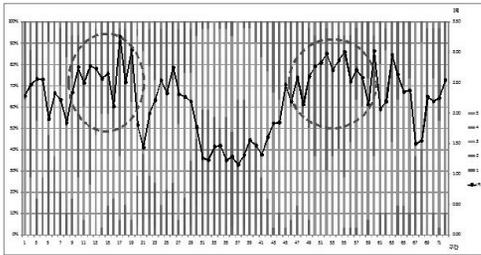


그림 6. 구간별 이용자 평탄성 누적 그래프

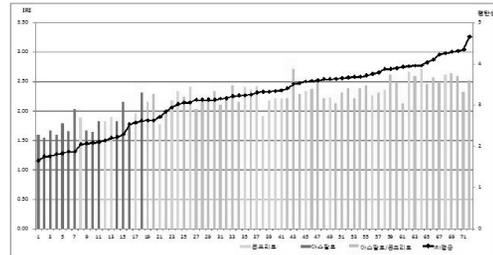


그림 7. 이용자 평탄성 증가값 vs 포장종류

5.3 이용자 만족도 조사 결과

이용자의 만족도(Acceptability)에 대한 답변의 결과는 다음과 같다. 총 2,141의 data 중 Yes의 응답 값은 1,339개 No에 대한 응답 값은 802개이다. 이들 각각의 data를 100% 누적시켜 값들을 표현하고 다항식의 추세선으로 살펴 본 결과 측정된 IRI 값과 Acceptability의 응답을 살펴보면 IRI값이 작을수록 Yes로 응답한 비율이 크며, IRI 값이 커질수록 No의 응답 비율이 커짐을 알 수 있다. 또한 Yes와 No의 응답 비율이 각각 50%로 나타나는 지점의 IRI 값을 살펴보면 약 2.5m/km 정도의 값을 나타내고 있는 것을 확인 할 수 있다.

고속도로의 이용자 만족도 85% 달성을 목표로 설정하고 이를 달성하기 위해 IRI 측정값이 2.5m/km 이상인 구간이 최소화 되도록 고속도로 평탄성 개선 계획을 수립한 것에 비추어 볼 때, 이용자가 만족여부에 대한 답변이 Yes로 대답한 값의 85% 누적값은 약 1.90m/km 임을 볼 수 있다.

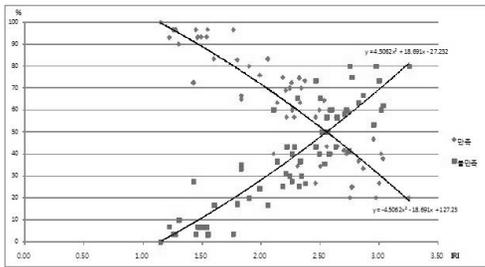


그림 8. 구간별 이용자 평탄성 누적 그래프

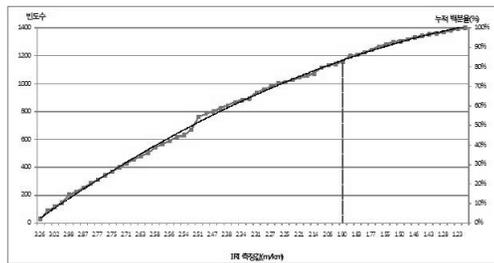


그림 9. 만족에 대한 응답 누적 그래프

6. 결론

본 연구에서는 고속도로 이용자의 만족도를 높이고 쾌적한 주행환경을 제공하기 위하여 이용자 중심의 평탄성 관리 기준 수립을 목적으로 하였다. 이를 위해 관리자 측면이 아닌 운전자를 대상으로 노면 평탄성을 측정하고 그에 대한 만족도 조사를 실시하였다.

그 결과 운전자의 평탄성에 대한 응답은 기존 IRI 값이 커질수록 운전자의 응답값 또한 커진다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 이용자의 만족도에 대한 응답을 살펴보면 Yes와 No의 응답 비율이 각각 50%로 나타나는 지점의 IRI 값은 약 2.5m/km수준이고, 만족도 85%의 누적값은 약 1.90m/km를 나타내는 것을 알 수 있었다. 여기서 만족도에 대한 값은 IRI 값이 1.15~3.26m/km의 범위에서 도출된 값이기 때문에 상대적으로 낮은 수치를 나타내는 것으로 보인다. IRI의 실제 범위인 0~5m/km의 모든 값이 포함되어 있는 도로상에서 실험을 실시하였을 경우에는 좀 더 높은 값을 나타낼 것으로 예상된다.

본 연구는 국내에서는 아직 이용자 중심의 평탄성 관리기준에 대한 연구가 진행되지 못한 상황에서 이루어진 성과물로 이용자 중심의 노면 평탄성 기준 수립을 위한 방법론 제시에 의미가 있다고 본다. 이용자 중심의 평탄성 관리기준 수립에서는 이용자를 대상으로 실제 도로에서 실험을 통해 이용자 중심의 평탄성 및 만



족도를 조사하고, 이를 통해 이용자의 만족도에 대한 적절한 기준값을 도출하는 것이 중요하다. 또 이를 통하여 합리적으로 이용자 중심의 평탄성 관리 기준을 수립하는 것이 타당할 것이다. 이 때 운전자 및 차종, 대상 도로 구간 및 특성 등의 여러 가지 요건들에 대하여 적절한 구분 및 분류가 필요하며, 정확한 결과를 위하여 조사 표본을 일정 수 이상으로 하여 효율성 및 객관성을 유지하는 것이 중요할 것으로 보인다.

본 연구에서는 이용자 만족에 대한 조사가 제한적인 부분으로 진행되었기 때문에 추후 이러한 연구를 확장시켜 관리자 측면과는 구분될 수 있는 이용자 측면의 기준을 수립하여야 할 것으로 판단된다. 운전자가 고속 도로를 주행하면서 느끼는 평탄성은 여러 가지 주행환경 및 차량 특성 등에 영향을 받아 종합적으로 판단할 가능성이 있기 때문에 연구 범위를 확장시켜 실험을 실시해야 할 것으로 보인다. 또한 운전자의 특성, 차량의 특성, 도로 환경의 특성 및 운전시 영향을 받게 되는 기타 요인들을 각각 구분하여 분석하고 이를 활용하여 이용자 중심의 평탄성 기준을 세부적으로 마련해야 할 것이다.

참고 문헌

1. 노면평탄성 개선을 통한 고객만족도 향상, 2007, 도로처 내부자료
2. A statistical Analysis of factors associated with driver-received road roughness on urban highways. 2002. Washington State Department of Transportation
3. Nakamura, V.F., and H.L. Michael (1963). "Serviceability Ratings of Highway
4. Janoff, M.S. and J.B. Nick (1983). "Effects of Vehicle and Driver Characteristics on the Subjective Evaluation of Road Roughness" in Measuring Road Roughness and Its Effects on User Cost and Comfort. ASTM Special Technical Publication (STP) 884, T.D. Gillespie and M. Sayer, Eds. American Society for Testing and Materials, Philadelphia. pp. 111 - 126.
5. Fernando, E. and N.Y. Lee (1999). Technical Memorandum. "Documentation of Ride University System. College Station, TX. December. Surveys Conducted in Project 4901." Texas Transportation Institute. Texas A&M
6. Kuemmel, D.A., R.K. Robinson, R.J. Griffin, R.C. Sonntag, and J.K. Giese (2001a). Public Perceptions of the Midwest's Pavements Final Phase III Report Iowa. Available on-line at : http://www.trc.marquette.edu/public_perception/ Report CHTE 2001-02. WisDOT Highway Research Study #94-07. January.
7. Kuemmel, D.A., R.K. Robinson, R.J. Griffin, R.C. Sonntag, and J.K. Giese (2001b). Public Perceptions of the Midwest's Pavements Executive Summary Minnesota. Report CHTE 2001-02. WisDOT Highway Research Study #94-07. February. Available on-line at: http://www.trc.marquette.edu/public_perception/.