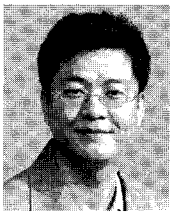
# 통합 도로 기하구조 안전성 평가 및 발전방향



김 용 석 | 정회원 · 한국건설기술연구원 선임연구원

## 1. 서 론

운전은 자동차라는 기계를 조작하는 행위이다. 운전자는 시시각각으로 변화되는 도로상황에 맞추어 자동차의 속도를 조절하거나 방향을 전환하게 된다. 이 과정에서 운전자는 외부로부터 전달되는 정보를 인지하고 나름의 해석을 통해 안전하고 쾌적한 주행을 이어 나간다.

운전은 정보수집, 해석, 반응에 이르는 일련의 과정으로 표현할 수 있으며, 도로는 운전자가 운전조작을 무리없이 처리할 수 있도록 설계되어야 한다. 도로설계는 운전자의 판단을 모호하게 하거나 해석에 어려움을 주는 것을 지양해야 한다.

도로설계는 오랜 기간 동안 기술적 축척이 이루어져 왔으며, 고속주행이 가능한 고속도로의 건설은 현 기술수준을 입증하는 것이다. 이러한 고속주행에 초점을 둔 기술발전과 더불어 안전하고 쾌적한 주행환경을 조성하는 기술도 동시에 이루어져야 할 것이다.

도로교통사고의 원인으로 인적요인, 자동차, 도로시설을 들 수 있으며, 이 중 도로시설이 직·간접적으로 차지하는 비중이 여전히 20%를 상회하고 있다. 다시 말해 도로설계를 잘 하면 20% 이상의 사고를 줄일 수 있는 기회가 있다는 것이다.

본 원고는 도로설계의 중심이 되는 요소인 도로 기하구조의 설계에 대해 보다 안전을 보장할 수 있는 방법을 검토한 것이다. 특별히 운전자의 관점에서 도로 기하구조의 안전성을 평가하는 방법을 정리해보고 추후 발전방향을 논하고자 한다.

## 2. 정의 및 필요성

도로 기하구조는 도로의 뼈대를 구성하는 선형과 각 선형별로 내재된 설계요소를 의미한다. 도로 기하구조의 안전성 평가는 선형 및 설계요소들이 운전자의 안전하고 쾌적한 주행을 보장하는지의 여부를 검토하는 것으로 정의할 수 있다.

도로 기하구조 안전성 평가가 필요한 이유는 현 도로설계기준에 제시된 도로 기하구조의 설정방법이 자동차 중심으로 설계되어 운전자의 특성이 고려되지 않은 점이다.

운전자는 도로라는 3차원 공간을 주행하면서 많은 의사결정을 수행한다. 예로, "이 도로에서는 어느 정도의 속도로 주행할 것인가?", "어디서 감속을 시작해야 하며 얼마만큼의 속도를 줄여야 하는가?" 등

무수한 판단과 이에 따른 운전행위를 반복적으로 수행한다.

현 도로설계기준에는 운전자의 무수한 의사결정 과정에 대해 분명하게 대응하지 못하고 있다. 이는 도로를 실제 사용하는 수요자의 특성이 크게 고려되지 못함을 의미하는 것이다.

운전자 중심의 도로 기하구조 안전성 평가의 의의는 운전자의 의사결정 과정에 대해 이해하고 이를 토대로 도로와 운전자가 상호소통이 용이한 상태를 유지할 수 있도록 하는데 있다.

## 3. 구현방법

운전자 중심의 도로 기하구조 안전성 평가는 도로에 대한 운전자의 반응행태를 조사하고 이에 대한 평가기준을 설정하는 것으로 구현된다. 평가기준의 선정은 도로 안전에 관한 연구와 실무에서 권고하는 사항에 기반하고 있다.

운전자의 반응행태에 대한 조사는 도로를 주행하는 운전자의 주행속도와 궤적을 반응행태에 대한 지표로 활용하고 있다. 특히 도로 기하구조에 따라 운전자의 주행속도가 변화되는 정도를 안전성 평가기준으로 사용하려는 시도가 많이 이루어졌다.

운전자의 주행속도를 관측하고 이를 도로 기하구조 조건과 연계함으로써 어느 구간에서 속도의 변화가 크게 나타나는지를 알 수 있다. 본 특집에 실린 "주행속도를 이용한 도로설계 일관성 평가"에서는 이러한 관점에 대해 구체적인 평가기준과 이를 위한 모형개발 등 전제조건에 대해 제시하고 있다.

운전자의 주행속도가 크게 변화되는 도로 기하구조 조건에 대해서는 설계단계에서 이를 교정할 수 있는 방안이 논의될 필요가 있다. 대개 도로를 따라 운전자의 주행속도가 15~20km/h의 차이로 변화된다는 것은 운전자에게 무리한 운전조작을 강요하는 것으로 볼 수 있다. 이는 운전자가 정보수집, 해석, 반응에 이르는 일련의 과정을 적절하게 수행하지 못하게 하는 원인이 될 수 있다.

운전자의 반응행태에 영향을 주는 요인은 도로 기하구조와 같이 외적인 요소와 더불어 운전자 자신의 내적인 요인에도 영향을 받는다. 이는 운전자가 도로를 주행하면서 받는 운전자 작업부하(workload)에 관련된다.

운전자 작업부하를 측정하는 방법은 단순히 설문을 통해 평가하는 것부터 생체신호를 측정하고 이를 설문과 연계하는 방법 등 다양하다. 이 분야는 운전이란 업무가 주는 부하와 운전자가 감당할 수 있는 한계를 비교하는 것이다. 이를 통해 운전자의 한계를 넘어서는 경우에는 안전한 주행환경이 조성되지 못하다고 보는 것이다.

본 특집에 실린 "운전자 작업부하와 도로응용기술 발전에 대한 고찰"은 운전자의 생체신호를 측정하고 이를 통해 운전자의 작업부하를 검토하는 방법을 제시하고 있다. 이 분야는 도로 교통사고의 90% 이상을 차지하는 인적 요인을 규명하는 데에도 활용할 수 있어 지속적인 연구가 필요한 부분이다.

도로 기하구조와 관련하여 운전자의 반응행태를 검토하고, 운전자의 운전 중에 발생되는 내적인 요인에 대해 검토하기 위해서는 도로 기하구조에 대한 외형이 잘 정의될 필요가 있다. 도로는 종단, 평면, 횡단선형으로 형성되는 3차원적 공간이다. 따라서 도로와 운전자의 상호작용을 이해하기 위해서는 도로의 외형이 입체적인 관점에서 정립될 필요가 있다.

본 특집에 실린 "시거에 관한 국내외 기준 및 기술동향"은 운전자의 정보수집의 90% 이상을 담당하고 있는 시각과 관련된 도로설계요소인 시거에 대해 3차원 공간안에서 정확하게 규명될 필요가 있음을 제시하고 있다. 입체시거의 정량적 계산은 계산절차가 다소 복잡한 측면은 있으나 도로 기하구조와 운전자의 반응행태를 정도 높게 검토하기 위해서는 반드시 정립이 필요한 부분이다.

## 4. 통합 도로 기하구조 안전성 평가방안

운전자 중심의 도로 기하구조 안전성 평가방안들은 상호연계되어 있다. 본 원고에서는 이들 방안들의 통합적으로 평가될 수 있는 방안을 그림 1에 제시해 보았다.

도로와 운전자 간의 상호작용을 분명하게 이용하기 위한 첫 단계는 도로를 평면이 아닌 입체공간으로 정의할 필요가 있다. 이를 위해서는 현 도로설계기준에 명시된 개별선형과 설계요소기준을 통해 입체공간에서의 도로 기하구조를 정의할 필요가 있다.

다음 단계는 입체적 도로공간의 특성에 대해 운전자가 반응하는 행태(주행행태)를 관측·조사하고 기하구조의 일관성을 평가하는 것이다. 여기서 일관성은 운전자가 도로를 따라 주행하면서 급가속이나 감속을 경험하지 않고 주행할 수 있는 도로 기하구조를 평가하는 것을 의미한다.

입체공간으로 정의된 다양한 도로 기하구조 특징이나 운전자의 급감·가속을 유도하는 선형 일관성 결여구간은 운전업무의 부담으로 표출될 수 있다. 따라서 일관성이 유지되지 못하는 도로 기하구조 조건 등에서 운전자의 부담을 계량화하여 평가할 수 있다면 도로와 운전자 간의 상호작용 메커니즘에 대해 보다 잘 이해할 수 있는 여지가 높아진다.

입체공간에서의 도로 기하구조 특징, 설계 일관성 평가결과, 운전자 작업부하의 평가결과를 교통사고 결과와 연계하여 평가한다면 도로 기하구조 안전성 측면에서 바람직하지 못한 운전자의 반응행태나 작업부하가 교통사고에 미치는 영향 관계에 대해 검토할 수 있다. 이를 통해 막연히 인적요인에 의한 교통사고라는 관점에서 탈피하여 도로 기하구조 설계와 교통사고의 역학적 관계를 보다 과학적으로 규명할 수 있을 것으로 본다.

이상의 통합 안전성 평가방안을 통해 도출된 결과는 분석대상구간의 도로 기하구조 설계의 결함을 교정하는데 활용할 수 있으며 나아가 도로설계기준에 제시된 개별적인 선형 및 기하구조 요소의 기준설정이나 연계설치기준을 개정하는데 활용될 수 있다.

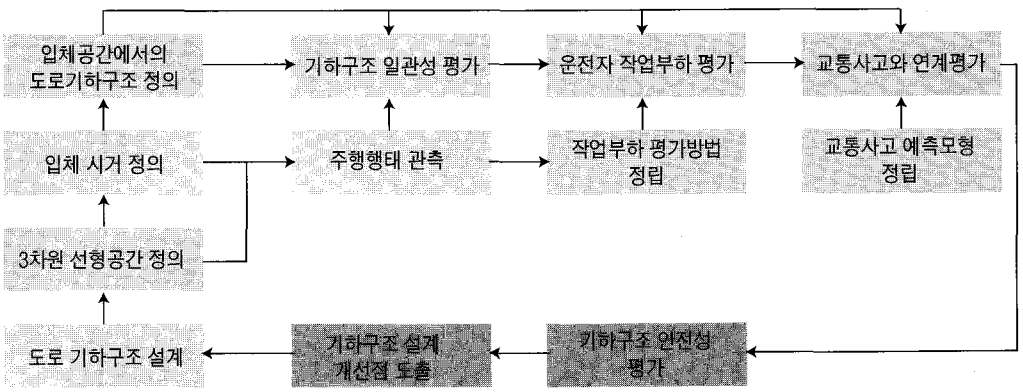



그림 1. 통합 도로 기하구조 안전성 평가 체계

## 5. 결론 및 발전방향

운전자는 도로를 이용하는 고객이다. 여타의 제품과 마찬가지로 도로도 사용자의 관점에서 평가되고 수정되는 것이 바람직하다. 그동안 도로설계는 제품 자체의 성능을 높이기 위해 부단히 노력하였으나 사용자의 관점에서 평가받는 것에는 인색하였다.

운전은 운전자-자동차-도로로 구성된 시스템 안에서 전개되는 업무이다. 이 시스템은 고속주행이 가능한 도로와 고성능 자동차 그리고 과거와 크게 다를 게 없는 감각기관과 자동차 조작능력을 가진 운전자로 구성되어 있다.

요소 간 이질성을 가진 시스템 내에서 운전자는 도로나 자동차와 유기적으로 결합되지 못하여 안정되고 쾌적한 주행을 수행하기가 쉽지 않다. 만약 도로나 자동차에 내재된 안전여유(safety margin)가 운전자의 실수를 인내할 수 없다면 교통사고로 이어질 개연성은 높아진다.

운전자의 특성을 도로설계 내에서 명시적으로 고려한다면, 운전자가 가진 능력의 한계를 감안할 수 있어 안전하고 쾌적한 주행환경이 조성될 수 있다. 본고는 운전자의 특성을 반영할 수 있는 방법에 대해 고찰하였고 이를 통해 운전자의 특성이 도로설계에 피드백될 수 있는 체계에 대해 제시해 보았다.

현재 국내외적으로 운전자 중심의 도로 기하구조 안전성 평가 기술은 완숙단계에 있기 보다는 연구 개발단계에 머물러 있다. 비록 호주나 캐나다 등 몇 개 국가에서는 설계일관성 개념을 도로설계기준에 반영하는 등 실무활용에 진전을 보이고 있으나 대부분의 국가에서는 설계 시 추천하는 수준에 머물고 있다.

운전자 중심의 도로 기하구조 안전성 평가가 실무에서 활용하는 수준으로 발전되기 위해서는 다양한 평가방법들이 독립적으로 수행되기 보다는 통합적인 관점에서 검토되고 방법 간에 유기적 연결 고리를 구축할 수 있는 체계의 구축이 필요하다.

쉬어가는 코너

## 구구절절이 옳은 아홉 가지 이야기(골프 2)

1. 얼마나 아름다운 스윙을 하느냐가 아니라 같은 스윙을 얼마나 되풀이 할 수 있느냐가 중요하다(Lee Trevino).
2. 아침에 자신감을 얻었다고 생각하게 만들었다가도 저녁엔 자신감을 잃게 하는 게임이 골프이다(Harry Vardon).
3. 연습을 많이 할수록 운도 따른다(Garry Player).
4. 하루 연습을 않으면 내가 알고 이틀을 않으면 갤러리가 알고 사흘을 않으면 세계가 안다(Ben Hogan).
5. 아마추어는 클럽을 의심하지만 프로골퍼는 기술을 의심한다.
6. 해저드 중에서 가장 나쁜 것은 "근심"이다(Sam Snead).
7. 골프에서 방심하는 순간은 모든 것이 순조롭게 진행될 때이다(Gene Sarazen).
8. 골프가 어려운 것은 볼을 앞에 놓고 생각하는 시간이 너무 길기 때문이다.
9. 퍼팅수를 줄이려면 그린 밖에서도 퍼터로 쳐라.