

■ 論 文 ■

정성적 변수를 이용한 건널목 시인거리 추정모델 개발

Development of an Estimation Model for Railway Crossing Visibility Using Qualitative Variables

조 한 선

(한국교통연구원 도로교통연구실 책임연구원)

이 호 원

(한국교통연구원 도로교통연구실 연구원)

박 지 형

(한국교통연구원 기획조정실 책임연구원)

오 주 택

(한국교통연구원 도로교통연구실 책임연구원)

목 차

- I. 서론
- II. 현장조사
 - 1. 현장조사 개요
 - 2. 현장조사 방법 및 조사항목
- III. 시인성 평가 모델의 개발
 - 1. 시인성 평가 모델의 정의
 - 2. 데이터 분석
 - 3. 시인성 평가 모델의 검증
- IV. 보도시인거리와 차량시인거리 상관관계 분석
 - 1. 보도시인거리와 차량시인거리 비교
 - 2. 보도시인거리를 이용한 차량시인거리 추정
- V. 결론
참고문헌

Key Words : 철도건널목, 시인성, 회귀분석, 차상평가, 보도평가
Railway crossing, Visibility, Regression, In-vehicle test, Sidewalk test

요 약

철도건널목에서 발생하는 사고는 도로상의 차량 사고에 비해 그 빈도수는 적지만 대형사고로 이어져 막대한 사회적·경제적 손실을 초래한다. 건널목의 기하구조측면에서 차량운전자는 철도건널목을 사전에 인지하여 이에 대응하여야 하나, 그렇지 못한 상황에서 사고위험이 존재한다. 그러므로, 철도건널목에 접근하는 차량에 대해 철도건널목의 시인성 확보는 철도건널목의 안전한 운영을 위해 필수적이라 할 수 있다. 하지만, 이와 관련된 연구가 국내에서는 거의 전무한 상태로 철도건널목 시인성 평가 및 이를 토대로 한 시인성 확보 노력이 절실한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 국내 철도건널목에서 현장조사를 실시하여 이를 토대로 철도건널목 시인성을 평가할 수 있는 모델을 개발하였다. 건널목의 기하구조 및 접근도로의 제한속도 등 쉽게 구할 수 있는 변수들을 이용하였으며, 모델의 오차는 약 17.9m으로 나타났다. 개발된 모델을 이용하여 시인성에 영향을 미치는 요인에 대해 민감도 분석을 간편하게 할 수 있게 되어 시인성을 확보하기 위한 여러 가지 대안을 비교 평가할 수 있게 되었으며, 향후 건설되는 철도건널목의 설계에 반영하여 건널목에서 발생하는 사고를 미연에 방지하고 철도건널목 사고로 인하여 발생하는 막대한 사회적, 경제적 손실을 감소시킬 수 있게 되었다.

The number of accidents occurring at railway crossings is less than the accidents on other sections of roads but they cause enormous socio-economic damages. The geometric aspects of the railway crossing have to allow the drivers to recognize the crossings and take precautions against collisions. Therefore, ensuring visibility for the vehicle approaching the railway crossing is necessary for safe operation of the crossing. However, as there is little research related to railway crossing visibility in Korea, validating visibility and maintaining visibility based on the validation is badly needed. This research develops a visibility validation model to support improving visibility and to reduce accidents at railway crossings to improve safety for the crossing users.

I. 서론

일반적으로 철도건널목에서의 사고는 그 빈도수는 적은 반면 대형사고로 이어지는 경향이 있어 막대한 사회적·경제적 손실을 초래한다. 현재 국내 철도건널목은 총 1,537개소로 1995년부터 2006년까지 과거 12년간의 건널목 사고는 연평균 1.7%의 미약한 감소율을 보이고 있다. 또한 과거 6년 동안의 철도건널목에서 발생한 사고와 사고로 인해 발생한 인명피해 역시 각각 연평균 11.1%와 16.3%의 감소율을 보이고 있다. 하지만 미국·일본 등 교통선진국과 비교하면, 미국의 경우, 건널목 100개소 당 사고건수는 1.35이며 일본은 1.28인 반면 우리나라는 6.1로 여전히 높은 수치를 보이고 있다.

철도건널목 사고를 줄이기 위해서는 건널목 입체화가 가장 확실한 방법이겠지만, 지형적인 문제 및 경제적 여건 등으로 한계가 있는 것이 현실인 상황에서 장래 철도의 복선화, 고속화 및 도로 교통량 증가로 인해 철도건널목에서의 사고위험은 증가될 것으로 예측된다.

이러한 철도건널목 사고의 원인 중 주된 요인으로는 철도건널목 시인성의 부족을 들 수 있다. 철도건널목 시인성이 충분히 확보되지 않았을 경우 자동차운전자들이 철도건널목을 사전에 인식하지 못하여 철도건널목에서 사고가 발생할 수 있는데, 이는 철도건널목의 안전성 향상을 위해서 설계당시부터 기본적으로 이루어져야 할 사항이지만, 그렇지 못한 실정이다. 철도건널목의 시인성을 향상시키기 위해서는 우선, 시인성의 정확한 평가가 필수적이라 할 수 있는데, 현재 우리나라에서는 이에 대한 연구가 전무한 실정이다.

외국의 경우, Takafuni(2000)의 연구에서는 접근도로의 해당 제한속도에서 차량이 확보해야 하는 최소시인거리를 제시하였으며, 차량시인거리와 보도시인거리와의 관계를 규명하였다. 또한, Matti 등(2001)의 연구에서는 건널목에 접근하는 열차의 기관사가 건널목을 인지할 수 있는 거리와 건널목을 통과하는 차량의 통과시간을 비교하여 기관사의 시인성을 향상시키기 위한 대책을 우선순위에 따라 제시하였다.

본 연구에서는 철도건널목의 현장조사를 통해 철도건널목의 시인성을 평가하고 향후 신설되는 철도건널목의 시인성을 확보하기 위한 철도건널목 시인성 평가 모델을 개발하였다.

제2장에서는 본 연구를 위해 실시한 현장조사의 내용

과 조사항목에 대해 서술하였고 제 3장에서는 수집된 자료를 이용해 시인성 평가 모델을 구축하는 과정에 대해 서술하였다.

또한 제 4장에서는 본 연구의 결과에 대한 검증을 실시하였고 마지막 장에서는 본 연구에 대한 종합적인 결론을 도출하고 본 연구의 기대효과에 대해 서술하였다.

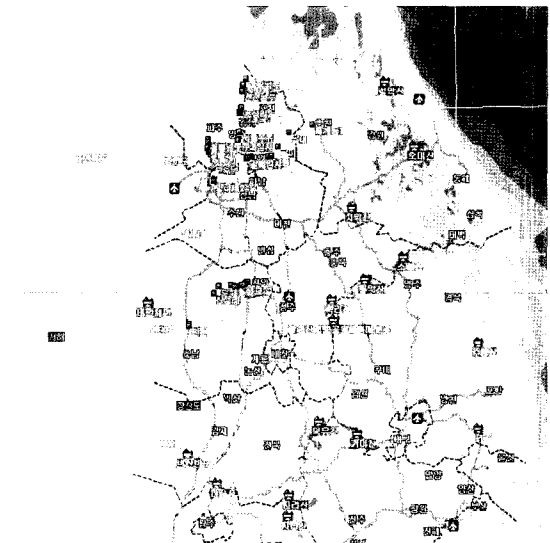
II. 현장조사

1. 현장조사 개요

철도건널목의 시인성 평가를 위한 모델을 개발하기 위한 방법으로 우선 기존 철도건널목의 기하구조 및 운영특성을 파악하여 이들 요소들이 시인성에 어떻게 영향을 미치는지에 대한 검토가 선행되어야 하며, 이를 기반으로 시인성 평가 모델을 개발할 수 있을 것이다. 이를 위한 자료의 수집은 전국을 대상으로 하여 가능한 한 많은 지점에서 실시하는 것이 바람직하겠으나 시간 및 예

<표 1> 연구대상 건널목

선로명	조사 대상 지점 수
경의선	9개소
오류선	4개소
경원선	19개소
경춘선	11개소
장항선	21개소
합 계	64개소



<그림 1> 현장조사 건널목 위치도

산상의 문제로 <표 1>에 보이는 바와 같이 수도권, 충청권, 강원권의 64개소의 건널목으로 한정하였다. 현장조사를 실시한 건널목의 위치는 <그림 1>과 같다.

현장조사는 2006년 2월부터 동년 3월까지 약 2개월에 걸쳐 평일에 실시하였으며 총 64개의 철도건널목에서 128개의 데이터를 수집하였다.

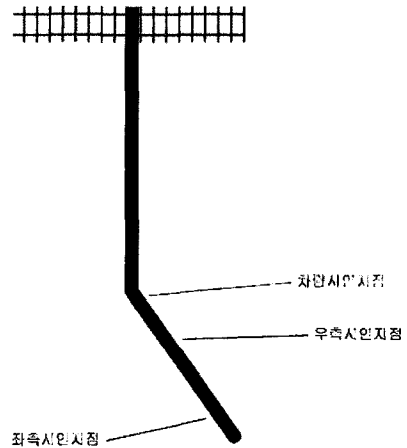
2. 현장조사 방법 및 조사항목

현장조사에서는 각 지점의 실제 시인거리뿐만 아니라 시인성에 영향을 미치는 요인에 대한 자료의 조사가 선행되어야 하며, 조사된 요인들과 시인거리와의 상관성을 분석하는 것이 필요하다.

현장조사는 차상조사와 보도조사로 구분하여 실시하였으며 차상조사는 사고의 위험성을 고려하여 운전자와 동승자가 탑승, 운전자가 측정하고 동승자가 기록하는 방법으로 진행하였다. 현장조사를 차상조사와 보도조사로 구분한 이유는 조사된 자료를 바탕으로 분석을 실시한 후 차상평가와 보도평가의 차이를 이용하여 차후 보도조사만을 실시하여 차상조사를 대신하기 위함이다. 또한 보도조사는 조사자가 도로 좌·우측 보도에서 건널목으로 접근하면서 측정하는 방법으로 실시하였는데 이는 도로의 선형에 따라 도로 좌·우측 보도에서의 시인거리가 달라질 수 있을 것이기 때문이다.

시인거리는 일반적으로 발견거리와 확인거리로 구분될 수 있는데, 발견거리는 표식 또는 건널목이 보이는 거리(주목성을 나타냄)를 의미하고, 확인거리는 표식임을 확실하게 알 수 있는거리(판독성을 나타냄)를 의미한다. 본 연구에서는 건널목 발견거리를 건널목 확인거리와 동일하다고 가정하였는데, 이는 철도건널목의 특성상 건널목에 접근하는 조사자가 건널목을 발견하는 즉시 건널목으로 인식하는 것을 실험을 통해 확인하였기 때문이다. 또한 우리나라의 철도건널목은 예고 및 주의 표지가 건널목에 인접하여 설치되어 있어, 표지를 인식하기 전에 철도건널목을 먼저 인식하는 관계로 표지의 시인거리와 건널목의 시인거리는 구분하지 않고 건널목의 시인거리만을 고려하였다.

철도건널목 시인거리에 영향을 미칠것이라 판단되는 항목을 위주로 조사가 이루어졌는데, 조사항목 및 각 항목에 대한 설명은 다음과 같다. 접근도로의 차로수는 건널목에 접근하는 도로의 편도 차로수를 의미하고, 건널목 폭은 건널목에 접근하는 도로의 폭 + 철도건널목의 측방



(그림 2) 우로 굽은 접근로에서의 각 시인거리 측정을 위한 시인지점

여유폭, 접근도로의 제한속도는 건널목 접근로의 제한속도, 과속방지턱의 유무와 거리는 건널목 접근로상의 과속방지턱 유무와 건널목으로부터의 이격거리, 예고표지판의 종류 및 건널목으로부터의 거리, 장애물 유무는 차량이 건널목에 접근하면서 굽은 지점에 도달하기 전에 주위에 있는 장애물의 유무, 접근도로의 굽은 방향 및 각도는 접근하는 도로의 굽은 방향(좌, 우) 및 굽은 각도, 그리고 건널목으로부터 직선부의 거리는 건널목 접근로가 굽었을 경우 건널목으로부터 도로의 굽은 지점까지의 거리를 각각 의미한다.

본 연구를 위한 현장조사에서 측정한 차량시인지점, 좌측도보시인지점 및 우측도보시인지점을 개략적으로 도식화하면 <그림 2>와 같으며 각각의 시인지점으로부터 건널목까지의 거리가 해당 시인거리이다.

현장조사를 통해 수집한 총 128개의 접근로 자료 중 좌로 굽은 접근로 35개, 우로 굽은 접근로 56개의 유효한 자료를 추출하여 분석에 이용하였고, 나머지 37개의 자료는 직선 접근로의 데이터이며 직선 접근로의 경우 시인성에 전혀 문제가 없을 것이라는 가정하에 분석에서 제외하였다.

III. 시인성 평가 모델의 개발

1. 시인성 평가 모델의 정의

본 연구에서 개발하는 시인성 평가 모델은 철도건널목

에 접근하는 차량의 운전자 또는 보행자가 건널목 주변의 환경에 따라 건널목을 어느 정도의 거리에서 인지할 수 있는지를 평가하는 모델을 의미한다. 즉, 2.2절에서 언급된 조사항목들 중 운전자 또는 보행자의 시야에 가장 크게 영향을 미치는 항목은 무엇이며 그 항목들이 어느 정도 영향을 주는지를 파악하여 차후 건널목의 시인성을 평가하고 신설 건널목을 설계함에 있어서 어느 정도의 시인성을 확보해야 하는지를 제시하고자 하는 것이다.

2. 데이터 분석

1) 시인거리와 변수들 간의 상관분석

35개의 좌로 굽은 접근로의 데이터와 56개의 우로 굽은 접근로의 데이터인 91개의 데이터를 이용하여 철도 건널목의 시인거리에 영향을 미칠 것이라 판단되는 8개의 변수들과 시인거리와의 상관관계를 파악하기 위하여 상관분석이 이루어졌고 그 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2> 시인거리와 변수들간의 상관분석 결과

피어슨 상관계수, N=91 Ho:Rho=0 검정에 대한 Prob> r	
	차량시인거리
접근도로의 차로수(개)	0.1253 0.2368
건널목폭(m)	0.1451 0.1700
접근도로의 제한속도(km/h)	0.3306 0.0014
과속방지턱거리(m)	-0.1331 0.2086
접근도로의 굽은 각도(°)	-0.4682 <.0001
건널목으로부터 직선부의 거리(m)	0.8613 <.0001
장애물 유무	-0.1467 0.1653
접근도로의 굽은 방향	0.1558 0.1402

시인거리와 변수들 간의 상관분석 결과, 건널목으로부터 직선부의 거리가 상관계수 0.8613으로 상관성이 가장 크게 나타났으며, 접근도로의 굽은 각도와 접근도로의 제한속도 역시 각각 -0.4682, 0.3306으로 건널목으로부터 직선부의 거리 다음으로 상관성이 큰 것으로 분석되었다.

또한, 변수들 간의 상관관계 분석 결과, 접근도로의 차로 수, 건널목 폭, 접근도로의 제한속도 등은 서로 상관성이 있는 것으로 나타났다. 이는 어느 정도 예상할 수 있는 결과로 이 3개의 변수를 모두 시인성 평가 모델에 사용하는 것은 바람직하지 못한 것으로 판단되었다.

2) 시인성 평가 모델 개발을 위한 분석방법 설정 및 결과

본 연구에서는 91개의 데이터 중 70개의 데이터를 무작위로 추출하여 모델을 구축(Calibration)하고 나머지 21개의 데이터는 차후 모델의 검증(Validation)에 사용하였다. 시인거리를 포함한 9개의 변수들 간의 통계량은 <표 3>과 같다.

시인성 평가 모델을 구축하기 위해 회귀분석이 선택되었으며, 회귀분석 방법으로는 Forward Selection, Backward Elimination, Stepwise Selection 이 검토되었다. Forward Selection 은 종속변수에 가장 큰 상관관계가 있는 하나의 예측변수를 이용하여 회귀식을 수립한 뒤, 연구자의 판단에 의거하여 각 단계마다 독립변수를 하나하나씩 회귀식에 포함시켜 회귀방정식을 다시 계산하여 새로운 독립변수의 부분검정을 통해 기여도를 계산하는 방법이다. Backward Elimination 은 모든 독립변수를 사용해 하나의 회귀식을 수립하여 회귀식에 유의적으로 기여하지 못하는 독립변수 값 검정을 실시한 뒤 그 값이 가장 작은 변수부터 하나씩 제거하고 남은 나머지 독립변수를 이용해

<표 3> 변수들 간의 단순 통계량

변수	단순 통계량				
	N	평균	표준 편차	최소값	최대값
접근도로의 차로수(차로)	70	1.2	0.4	1.0	2.0
건널목 폭(m)	70	8.0	3.1	3.8	15.0
과속방지턱 거리(m)	70	756.3	417.8	6.6	1000
접근도로의 제한속도(km/h)	70	40.4	14.7	10.0	70.0
접근도로의 굽은 각도(°)	70	61.6	32.6	10.0	90.0
건널목으로부터 직선부의 거리(m)	70	78.6	67.2	8.8	380.0
장애물 유무 (1=유, 0=무)	70	0.5	0.5	0	1.0
굽은방향	70	0.4	0.5	0	1.0
차량시인거리(m)	70	101.6	64.7	9.0	380.7

회귀모형을 재추정하는 방법이며, Stepwise Selection 은 Forward Selection과 Backward Elimination의 절충적인 형태로, Forward Selection에 의해 종속변수에 가장 큰 상관관계가 있는 독립변수를 택하는 동시에 각 단계에서 Backward Elimination과 같이 회귀식에 유의적으로 기여하지 못하는 독립변수를 제거하는 방법으로 본 연구에서는 이 Stepwise Selection 방법을 이용하여 회귀분석 실시하였다. Stepwise Selection 방법은 Forward Selection과 Backward Elimination의 절충적인 형태이기 때문에 분석에 정확성을 기여할 수 있지만 데이터의 양이 많을 경우 다른 방법에 비해 분석시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 그러나 본 연구의 분석에 사용된 데이터는 그 양이 많지 않기 때문에 가장 정확하다고 할 수 있는 방법인 Stepwise Selection 방법을 사용하였다.

또한, 회귀분석을 통해 구해진 결과와 상관분석을 통해 구해진 결과를 비교하기 위하여 모델 구축에 이용된 변수는 상관분석결과 시인거리와 상관성이 높은 것들만을 이용하지 않고 8개의 변수를 모두 이용하였다. Stepwise Selection 방법을 이용하여 변수를 분석한 결과 모델 구축에 필요한 변수는 <표 4>에서 보듯이 접근도로의 제한속도(km/h), 접근도로의 굽은 각도(°), 건널목으로부터 직선부의 거리(m), 장애물 유무 등 4개의 변수인 것으로 나타났으며, 이들 변수는 상관분석결과 시인거리와 상관성이 높은 변수들로서, 모델을 만드는 데 보다 유의한 변수들이 선택된 것이라 할 수 있다.

Stepwise Selection 방법에 의해 최종적으로 구축된 회귀식은 다음과 같으며, 모델의 결정계수(R2)는 0.8885,

<표 4> Stepwise Selection 방법에 의한 회귀분석 결과

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	F Value	t value	Pr > F
Intercept	54.94492	10.21623	28.93	5.378198	<.0001
접근도로의 제한속도 (km/h)	0.40461	0.19573	4.27	2.067194	0.0427
접근도로의 굽은 각도(°)	-0.16363	0.09534	2.95	-1.71634	0.0909
건널목으로부터 직선부의 거리(m)	0.72052	0.04672	237.81	15.42122	<.0001
장애물 유무	-33.56955	5.96123	31.71	-5.63132	<.0001

C(p)는 5.5429로 계산되었다.

$$Y = 54.94492 + 0.40461X_1 - 0.16363X_2 + 0.72052X_3 - 33.56955X_4$$

- 여기서, X_1 : 접근도로의 제한속도(km/h)
- X_2 : 접근도로의 굽은 각도(°)
- X_3 : 건널목으로부터 직선부의 거리(m)
- X_4 : 장애물 유무

회귀분석 결과 Y 절편과 건널목으로부터 직선부의 거리 및 장애물 유무의 계수에 대한 P value는 0.0001 미만으로 유의한 것으로 나타났고, 접근도로의 제한속도 및 접근도로의 굽은 각도의 계수에 대한 P value도 각각 0.0427, 0.0909로 유의한 것으로 나타났다.

3. 시인성 평가 모델의 검증

시인성평가 모델의 검증은 91개의 데이터 중 모델구축에 사용하지 않은 21개의 데이터를 이용하여 실시하였다.

70개의 데이터를 이용하여 구축된 회귀식에 21개의 데이터의 변수 즉, 접근도로의 제한속도, 접근도로의 굽은 각도, 건널목으로부터 직선부의 거리, 장애물 유무 등 4개 변수를 입력하여 시인거리를 추정하였으며, AAE (Average Absolute Error)를 이용하여 시인성 평가 모델의 정확성을 검증하였다.

$$AAE_k = \frac{\sum_{i=1}^{N_k} |O_{ki} - P_{ki}|}{N_k}$$

- 여기서 O_{ki} : 시인거리 측정치
- P_{ki} : 시인거리 추정치
- N_k : 관측치 갯수

시인성 평가 모델 검증을 위한 데이터는 <표 5>와 같다. 추정시인거리를 구한 결과 측정치와의 절대값 오차는 약 17.9m의 차이를 보이는 것으로 나타났으며, 이 차이는 회귀식의 결정계수인 R2값이 0.8885로 독립변수로 쓰인 변수들이 회귀식을 약 88.9% 설명하고 있기 때문인 것으로 판단되었다.

〈표 5〉 시인성 평가 모델 검증을 위한 데이터

차량시인거리(m)	예측시인거리(m)	차량시인거리 -예측시인거리
85.8	89	3
265.6	270	5
60.6	71	10
134	156	22
187	215	28
56.1	46	10
80	111	31
119.1	115	4
64.1	81	17
70	102	32
124	117	7
72.5	92	19
69.2	94	25
123	109	14
119.1	115	4
287.6	313	25
19.5	46	27
27	49	22
69	95	26
28.7	60	31
71.5	86	14
	AAE(m)	17.9

IV. 보도시인거리와 차량시인거리의 상관관계 분석

1. 보도시인거리와 차량시인거리 비교

3장에서는 건널목의 기하구조 및 운영특성을 이용하여 시인성 평가모델을 개발하였지만, 개발된 시인성 평가모델을 이용하여 건널목의 시인성을 추정하기 위해서는 역시 여러 가지 변수들이 필요하다. 이러한 번거로움을 피하고 보다 편리하게 건널목의 시인성을 평가하기 위해서 차량시인거리와 보도시인거리와의 관계를 이용하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 차량시인거리와 보도시인거리와의 관계를 규명함으로써 향후 보도시인거리 측정치와 차량시인거리와 보도시인거리와의 관계만을 이용하여 건널목의 시인성을 평가할 수 있을 것이다.

차량시인거리와는 달리 보도시인거리는 접근로의 굽은 방향에 따라 큰 영향을 받기 때문에 접근로의 굽은 방향에 따라 구분하고 굽은 방향별로 우측보도시인거리, 좌측보도시인거리를 따로 구하였다. 이는 우로 굽은 접근로의 경우는 좌측보도시인거리가 우측보도시인거리보다 길 것이고 반대로, 좌로 굽은 경우는 우측보도시인거리가 좌측보도시인거리보다 비교적 길 것이기 때문이다.

보도시인거리와 차량시인거리와의 관계를 규명하기 위해서는 우선 접근로를 굽은 방향에 따라 분류한 후 차량시인거리와 좌측보도시인거리, 차량시인거리와 우측보도시인거리의 비율을 각각 구하였는데, 시인성 평가 모델을 구축할 때와 마찬가지로 각 굽은 방향별로 약 77%(91개 데이터 중 모델 구축에 사용된 70개)의 데이터를 무작위로 추출하여 이용하였다. 굽은 방향에 따른 시인거리 간의 비율을 구한 결과는 다음과 같다.

1) 우로 굽은 접근로에서의 시인거리 비교

우로 굽은 접근로 총 56개소 중 무작위로 추출된 43개의 데이터를 이용하여 시인거리 간의 비율을 구하였고 나머지 13개의 데이터를 이용하여 검증을 실시하였다.

보도시인거리와 차량시인거리를 비교하면 〈그림 2〉와 같이 좌측보도시인거리 > 우측보도시인거리 > 차량시인거리 순으로 나타났으며 그 값은 〈표 6〉과 같다.

〈표 6〉 우로 굽은 접근로의 각각의 시인거리

우로 굽은 접근로	
차량시인거리(m)	94.8
좌측보도시인거리(m)	118.9
우측보도시인거리(m)	101.0

좌측보도시인거리가 우측보도시인거리보다 평균 약 17.9m 길게 나타났는데 이는 보도평가를 실시할 때 건널목이 조사자의 우측에 위치해 좌측보도에서 보다 우측보도에서의 시야가 방해받기 때문인 것으로 판단되며, 우측보도시인거리가 차량시인거리보다 약 6.2m 길게 나타나는 이유는 운전자가 운전을 하면서 건널목에 접근하는 동안 빠른 속도로 이동하기 때문에 그 만큼 건널목을 발견하는 시간이 늦어져 건널목에 충분히 접근한 후에야 건널목을 발견할 수 있지만, 보행자는 상대적으로 느린 이동속도로 인해 차량보다 멀리 떨어진 지점에서 건널목을 발견할 수 있기 때문인 것으로 판단되었다.

우로 굽은 접근로의 차량시인거리의 평균값과 보도시인거리의 평균값의 비율을 나타내면 〈표 7〉과 같다.

〈표 7〉 우로 굽은 접근로의 시인거리 간의 비율

우로 굽은 접근로	
좌측보도시인거리 :	
우측보도시인거리	1.18 : 1
좌측보도시인거리 : 차량시인거리	1.25 : 1
우측보도시인거리 : 차량시인거리	1.07 : 1

2) 좌로 굽은 접근로에서의 시인거리 비교

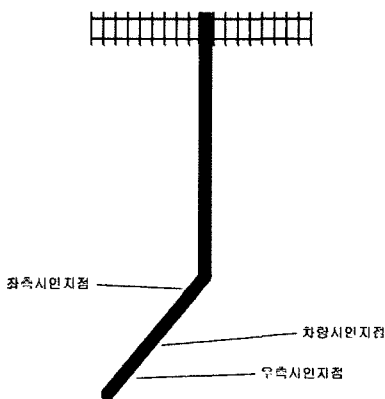
좌로 굽은 접근로에서는 35개의 데이터 중 27개의 데이터를 이용하여 시인거리 간의 비율을 구고 나머지 8개의 데이터를 이용하여 검증을 실시하였다.

좌로 굽은 접근로에서 보도시인거리와 차량시인거리를 비교하면 우측보도시인거리 > 차량시인거리 > 좌측보도시인거리 순으로 나타났으며 이를 도식화하면 <그림 3>과 같고 각각의 값들은 <표 8>과 같다.

우측보도시인거리가 좌측보도시인거리보다 약 28.9m 길게 나타난 이유는 우로 굽은 접근로에서와 마찬가지로 건널목이 조사자의 좌측에 위치해 좌측보도시인거리가 시야에 방해를 받기 때문인 것으로 판단되었다.

좌측보도시인거리와 차량시인거리를 비교하면 우로 굽은 접근로와 달리, 좌측보도시인거리가 차량시인거리보다 약 11.4m 짧은 것으로 나타났는데 이는 차량의 우측통행인 우리나라의 통행특성상 차량이 우측보도에 인접하여 주행하기 때문에 좌측보도시인점보다 뒤에서 건널목을 인식할 수 있다는 것을 반영한 것이라고 볼 수 있다. 그러나 우로 굽은 접근로는 차량이 우측에 인접하여 주행하기 때문에 차량시인거리가 우측보도시인거리보다 작게 나타난 것으로 보인다.

좌로 굽은 접근로의 차량시인거리와 보도시인거리와의 비율을 나타내면 <표 9>과 같다.



<그림 3> 좌로 굽은 접근로에서의 각각의 시인지점

<표 8> 좌로 굽은 접근로의 각각의 시인거리

좌로 굽은 접근로	
차량시인거리(m)	106.1
좌측보도시인거리(m)	94.7
우측보도시인거리(m)	123.6

<표 9> 좌로 굽은 접근로의 시인거리 간의 비율

좌로 굽은 접근로	
좌측보도시인거리 : 우측보도시인거리	1 : 1.30
좌측보도시인거리 : 차량시인거리	0.89 : 1
우측보도시인거리 : 차량시인거리	1.17 : 1

2. 보도시인거리를 이용한 차량시인거리 추정

보도시인거리와 차량시인거리의 비율에 대한 검증도 역시 접근로의 굽은 방향에 따라 분류한 후 실측 보도시인거리와 위에서 구한 비율을 이용한 추정된 차량시인거리와 실측된 차량시인거리와의 차이를 구하여 이루어졌다. 3장에서 개발된 모델의 검증에서와 마찬가지로 정확도의 효과척도로써 AAE(Average Absolute Error)를 이용하였으며, 시인성 평가 모델을 구축할 때와 마찬가지로 비율을 구하는데 사용된 77%의 데이터를 제외한 23%의 데이터를 이용하여 검증을 실시하였다.

1) 우로 굽은 접근로에서의 시인거리 검증

위에서 구한 우로 굽은 접근로에서의 각각의 시인거리 비율과 13개 접근로의 보도시인거리를 이용하여 추정된 차량시인거리와 실측 차량시인거리와의 AAE는 <표 10>과 같다. 좌측보도시인거리를 이용하였을 경우의 차량시인거리 절대값 오차는 19.2m이고 우측보도시인거리를 이용하였을 경우의 절대값 오차는 약 25.6m로 나타났다.

<표 10> 우로 굽은 접근로의 시인거리 검증

우로 굽은 접근로	
보도 접근 방향	AAE(m)
좌측보도시인거리	19.2
우측보도시인거리	25.6

2) 좌로 굽은 접근로에서의 시인거리 검증

위에서 구한 좌로 굽은 접근로에서의 각각의 시인거리 비율과 8개 접근로의 보도시인거리를 이용하여 추정된 차량시인거리와 실측 차량시인거리와의 AAE는 <표 11>와 같다. 좌측보도시인거리를 이용하였을 경우의 차량시인거리 절대값 오차는 약 25.2m이고 우측보도시인

거리를 이용하였을 경우의 절대값 오차는 약 19.3m로 나타났다.

(표 11) 좌로 굽은 접근로의 시인거리 검증

좌로 굽은 접근로	
보도 접근 방향	AAE(m)
좌측보도시인거리	25.2
우측보도시인거리	19.3

보도시인거리와 차량시인거리의 비율과 보도시인거리만을 이용하여 차량시인거리를 추정할 결과 회귀모델을 통해 구한 값보다 큰 오차를 보였다. 회귀모델에서는 4개의 변수를 이용하여 구한 값이기 때문에 단순히 시인거리만을 비교하여 구한 값보다 그 값이 정확하게 나타난 것으로 판단되었다. 비록 회귀모델보다 오차는 크지만, 시인거리의 비율과 보도시인거리만을 이용하여 차량시인거리를 추정하는 방법은 보다 간편하게 시인거리를 추정할 수 있다는데 그 의미가 있다고 할 수 있다.

V. 결론

본 연구에서는 국내 철도건널목에서 현장조사를 실시하여 수집된 데이터를 바탕으로 건물목에 접근하는 운전자 및 보행자의 시인성에 가장 큰 영향을 미치는 요인을 파악하여 건물목의 시인성을 평가할 수 있는 모델을 개발하였다. 특히, 개발된 모델에서는 철도건널목에 접근하는 접근로의 굽은 방향 및 장애물 유무의 영향 등 정성적인 요인이 고려되었다.

모델을 개발하는 방법으로는 회귀분석 방법을 이용하였으며 건물목의 기하구조 및 접근도로의 제한속도 등 쉽게 구할 수 있는 변수들을 이용하여 모델을 개발함에 따라 향후 철도건널목의 시인성을 평가하는데 있어서 간편한 방법을 제시하였는데 그 의미가 있다. 또한, 개발된 모델을 이용하여 시인성에 영향을 미치는 요인에 대해 민감도 분석을 간편하게 할 수 있게 되어 시인성을 확보하기 위한 여러 가지 대안을 비교 평가할 수 있게 되었으며, 향후 건설되는 철도건널목의 설계에 반영하여 건물목에서 발생하는 사고를 미연에 방지하고 철도건널목 사고로 인하여 발생하는 막대한 사회적, 경제적 손실을 감소시킬 수 있게 되었다.

분석 결과, 접근도로의 제한속도(km/h), 접근도로의

굽은 각도(°), 건물목으로부터 직선부의 거리(m), 장애물 유무 등 4개의 변수가 시인성 평가 모델을 구축하는데 적절한 변수들로 평가되었으며 결정계수(R²)는 0.8885로 나타났다. 또한, 추정시인거리와 측정치와의 절대값 오차는 약 17.9m의 차이를 나타내는 것으로 나타났다. 개발된 모델이 비록 약 18m의 오차를 보이지만, 본 연구는 기존의 미진하던 철도건널목 시인성에 대한 연구로 시인성 확보를 통해 철도건널목의 안전성을 향상시키고자 하는데 그 의미가 있다고 할 수 있다.

또한 차량시인거리와 보도시인거리의 비율과 보도시인거리만을 이용하여 차량시인거리를 추정할 결과, 우로 굽은 접근로는 좌측보도시인거리를 이용한 경우 약 19.2m, 우측보도시인거리를 이용한 경우 약 25.6m의 오차를 보였으며, 좌로 굽은 접근로의 경우도 각각 19.3m와 25.2m의 오차를 보였다. 이러한 추정방법은 회귀모델보다 큰 오차를 보이지만, 보다 간편하게 시인거리를 추정할 수 방법으로 추천해 볼만 하다고 판단된다.

그러나 본 연구에서는 국내의 64개 건물목만을 대상으로 자료를 수집하고 분석을 시행하여 자료의 수집이 미흡하다는 분석의 한계를 가지고 있으며 장애물 유무 항목에 있어서 장애물의 종류(건물, 간판 및 가로수 등)에 따라 세분화되어 조사가 이루어지는 것이 보다 정확한 모델 구축을 위해 바람직하겠으나 장애물의 종류에 따라 구분을 할 경우 장애물의 크기에 대한 항목도 포함되어야 하므로 입력변수의 수가 너무 많아질 수 있기에 본 연구에서는 이에 대한 구분은 생략하였다. 또한 본 연구는 조사자의 주관이 개입될 수 있는 현장조사를 통해 수집된 데이터를 이용하여 시인성 평가 모델을 개발하는 것이기에 미비한 오차는 불가피하다고 판단되며 조사자가 철도건널목이 있는 지점을 조사대상지점으로 선정하는 과정에서 건물목의 위치를 이미 알고 있기 때문에 과대 추정된다는 점도 한계점이라고 할 수 있다. 향후 보다 많은 조사자를 동원하고 보다 많은 건물목을 조사하여 분석을 한다면 좀 더 정확한 모델을 개발할 수 있으리라 판단된다.

참고문헌

1. 오주택 등(2004), 철도건널목 안전관리 시스템 [2003년 지능형교통체계 연구개발사업]제1차년도 최종보고서, 연구보고서 KOTI 2003-지정-04, 한국교통연구원

- 2. 황선근 등(2003), 철도건널목 위험요인 분석 및 개량방안 연구, 연구보고서, 한국철도기술연구원
- 3. 경찰청·도로교통안전관리공단(2000), 교통안전시설실무편람
- 4. 건설교통부(2000), 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 행정간행물, 11-1500000-000510-14
- 5. FHWA(2003) Manual on Uniform Traffic Control Devices
- 6. Matti Anila, Kirsi Pajunen, Veli-Prkka Kallberg & Mikko Kallio(2001) Method for quick securing of safe crossing condition at railway-road grade crossings. TRB 80th Annual Meeting. No. 01-2934
- 7. Hanseon Cho(2003) Preemption Strategy for Traffic Signals at Intersections Near Highway-Railroad Grade Crossings, Ph.D. Dissertation, Texas A&M University, College Station, Texas, U.S.A.

✉ 주 작성자 : 조한선
 ✉ 교신저자 : 조한선
 ✉ 논문투고일 : 2006. 11. 8
 ✉ 논문심사일 : 2007. 1. 18 (1차)
 2007. 3. 16 (2차)
 2007. 5. 1 (3차)
 ✉ 심사판정일 : 2007. 5. 1
 ✉ 반론접수기한 : 2007. 10. 31