

지능형 횡단보도 안전등(ICSL)의 효과분석

Evaluating Effectiveness of Intelligent Crosswalk Safety Lights

박 선 복

(명지대학교 교통공학과 석사과정)

이 종 선

((주)ITSBANK 대표이사)

이 의 은

(명지대학교 교통공학과 교수)

목 차

I. 서론	
1. 연구의 배경 및 목적	4. 현장조사계획 및 데이터 수집
II. 본론	5. 결과분석
1. 관련법령검토	III. 결론
2. 국외사례검토	1. 시스템 발전 방향
3. 시스템 평가 방법	참고문헌

I. 서론

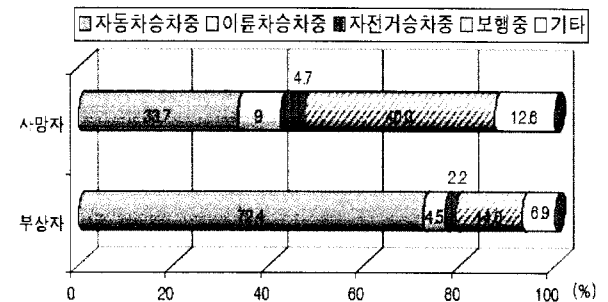
1. 연구의 배경 및 목적

국민소득의 증가로 인하여 과거에 비해 월등히 삶의 질이 높아짐에 따라 보다 편리하고 안전한 교통수단으로서 자동차의 보유가 보편화되고 도로의 확장으로 인해 교통사고로 인한 인적·물적 피해에 대한 문제가 지속적으로 대두되고 있다. 70년도에 우리나라의 총 자동차등록대수는 12만 8천여대에 불과했으나 2005년 말 현재 1,539만대를 초과한 것으로 나타났다. 2006년 발표된 교통사고통계분석에 따르면 총 214,171건의 인명피해 교통사고가 발생하여 6,376명이 사망하고 342,233명이 부상당한 것으로 나타났다. 이는 전년도에 비해 발생건수는 3.0%, 사망자는 2.9%, 부상자는 1.4%가 각각 감소된 수치이다. 그러나 이러한 결과는 OECD회원국과 비교할 때 아직도 상당히 높은 수준으로 나타나고 있다.

특히, 사망자 총 6,376명중 보행 중 사망자는 2,548명으로 전체의 40.0%에 해당되며 부상자는 47,829명으로 전체 부상자 342,233명의 14.0%를 차지하고 있다. 보행 중 사망자 구성비가 부상자 구성비에 비해 높게 나타났는데, 이는 교통

사고 시 교통약자인 보행자는 충격을 몸으로 받기 때문에 그만큼 사망률이 높아져 나타난 결과로 볼 수 있다.

<그림 1> 사고시 상태별 사상자¹⁾



보행중 사망자를 사고유형별로 구분해 보면 횡단보도 횡단을 포함한 횡단중 사고가 전체 보행중 사고의 59.3%를 차지하고 있다. 또한 보행자사고 발생건수는 주간과 야간에 비슷한 비율로 발생하지만 치사율은 야간이 6.8로써 주간의 3.7에 비해 1.8배나 높아 사고피해의 심각성은 야간이 주간보다 더욱 큰 것으로 분석되었다. 시간대별로는 16시에서 22시간대에 전체 보행자사고의 39.3%가 발생하여 보행자에게 가장 위험한 시간대로 분석되었다.

1) 도로교통안전관리공단(2006), 『교통사고통계분석』

보행자 교통사고 예방을 위해 보행자의 안전을 충분히 고려하여 안전시설물을 설치하여야 할 것이다.

비신호 횡단보도에서 보행자의 안전과 운전자의 횡단보도 인지성 향상을 위해 2007년 9월 동해시청 앞 비신호 횡단보도에 지능형 횡단보도 안전등을 설치하였다. 이는 국내에서는 최초로 설치된 시설물로서 이에 대한 설치효과를 검증하고 보행자 안전을 위한 해당 시설물의 특성을 파악하여 바람직한 설치 방법을 제시하고자 한다.

II. 본론

1. 관련법령검토

현 우리나라는 도로교통법에서 신호기 및 교통안전시설에 대하여 정의하고 있으며, 도로법 및 시행령에서는 도로안전시설에 대하여 정의하고 있다. 이를 정리하면 다음과 같다.

<표 1> 관련법규 및 주요 관련내용

관련법규	관련내용
도로교통법 제2조 14호	신호기
도로교통법 제3조	신호기 등의 설치 및 관리
도로교통법 제4조	교통안전시설의 종류
도로교통법 제5조	신호 또는 지시에 따를 의무
도로교통법 시행규칙 제 5조	신호기의 종류 및 만드는 방식등
교통노면표지 설치관리 매뉴얼	표지병, 교통안전시설의 정의
도로법 제 3조	도로부속물의 정의
도로법 시행령 제1조의 3	도로의 부속물
도로안전시설 설치 및 관리 지침 제1편	총칙 및 시선유도시설 정의
도로안전시설 설치 및 관리 지침 제4편	표지병

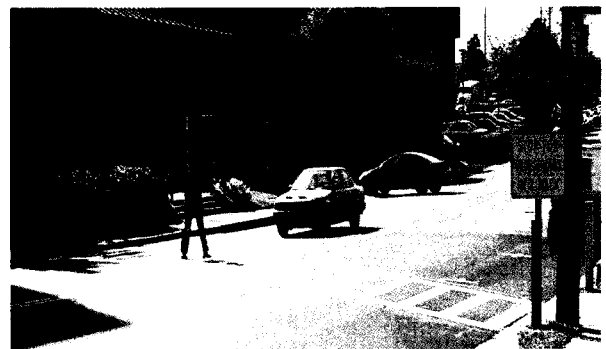
이와 같은 법령 검토 결과 제안된 시스템은 기존 신호기와 연동하여 운영되는 것도 아니며, 도로교통법 제3조, 제4조 및 동법 시행규칙 제5조 “신호기의 종류 및 만드는 방식”, “신호기가 표시하는 신호의 종류와 신호의 뜻”등을 검토한 결과 신호기로 추정할 수 있는 어떠한 근거도 없다고 사료된다. 다만 제안된 시스템은 횡단보도 선형을 보완하기 위해 횡단보도 경계선을 따라 도로면에 설치하여 운전자가 멀리서 횡단보도 지점을 명확히 알 수 있도록 하는 것으로 되어있는바, 도로안전시설인 표지병, 특히 발광형 표지병과 거의 유사한 형태를 가지고 있으므로 “도로안전시설”이라고 사료된다.

2. 국외사례 검토

외국의 경우 미국을 중심으로 Roadway Lights에 대한 연구가 선행되어 지고 있다. 미국의 The Millennium Edition of the Manual on Uniform Traffic Control Devices(MUTCD)의 Chapter 4L에서는 IN-ROADWAY LIGHTS에 대한 기준을 제시하고 있다. 이에 따르면, 횡단보도에서 도로경고등(In-Roadway Warning Lights)은 신호등이나 양보 혹은 정지 표지판이 없는 횡단보도에서 사용된다고 명시하고 있다. 또한, 도로경고등은 차로당 최소 한 개의 경고등이 설치되어 황색등으로 점멸되고 1분에 50~60회 정도 점멸할 것을 권고하고 있다. 도로경고등은 보행자의 행동패턴에 맞게 설계되어야 하고 보행자 수동검지와 함께 사용할 수 있다고 제시하였다.

Gabriel Rousseau(2005)의 2는 도로경고등 설치로 비신호 횡단보도에서 보행자 안전도가 향상되었고, 보행자 대기시간 단축과 운전자 양보가 증가되었다는 결론을 제시하였다. 그러나 보행자들은 횡단보도가 아닌 지역을 횡단하는 사례가 잦아 이에 대해, 보행자가 버튼을 누르는 수동작동 방식뿐만 아니라 보행자를 자동으로 검지하여 작동하는 방식도 추가되어야 한다고 제시하였다.

<그림 2> 도로경고등 설치 후 운전자 양보²⁾

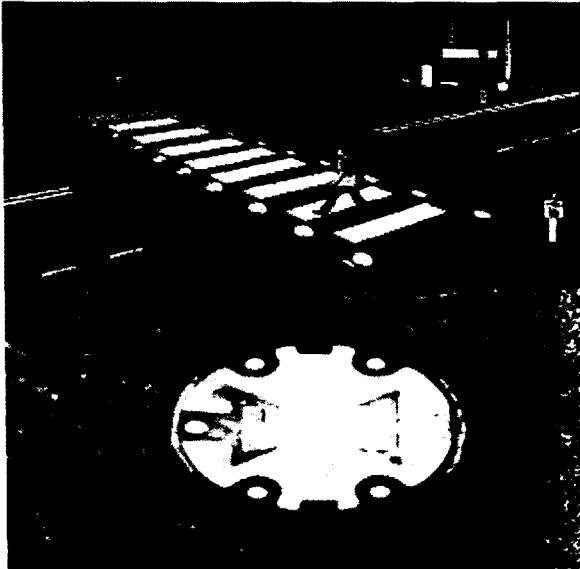


Jim Growney(2002)는 횡단보도에서 보행자와 차량의 분리기술에 관한 연구에서 In-Pavement Lighting의 효과로 차량운전자들이 보행자에 대한 양보도가 주간에는 158% 증가하였으며, 야간에는 840%증가하였음을 MUTCD에 의해 입증되었다고 기술하고 있다. 또한, In-Pavement

2) Gabriel Rousseau · Sheryl Miller Tucker · Ann Do(2005), 『The Effects on Safety of In-Roadway Warning Lights at Crosswalks』

Lighting이 횡단보도 부근에서 운전자의 보행자에 대한 경고를 증가시킨다고 제시하였다.

<그림 3> In-Pavement Lighting³⁾



미국 RPI Lighting reserch center와 뉴저지 교통성 및 FHWA 공동연구(2004)에서 초단파 검지기와 점멸 경고등(Flashing Warning Light)등을 설치하여 교통안전에 효과가 있는지 검토한 결과 도로 점멸 경고등 설치로 인해 지역 도로상황에 익숙지 않은 운전자들의 횡단보도 시인성이 크게 개선되었고, 횡단보도에 접근하는 평균속도가 감소하고, 횡단보도 보행자와의 상충수가 감소했다고 제시하였다. 또한, 설치시 교통사고 통계자료 분석을 통해 운전자에게 횡단보도 위치를 사전에 알릴 필요가 있는 곳에 설치할 것, 운전자들이 횡단보도가 있을 것이라고 예측하지 못하는 곳, 여러 도로 주변환경에 의해 운전자 주의를 산만하게 하는 곳 등에 설치하도록 권고하고 있다.

이와 같이 국외에서는 도로안전시설물에 대한 기준을 개정할 시에 효과평가를 시행하고 그 결과를 반영하고 있으며 새로운 시설의 도입을 위해서는 기존 시설과 비교하는 연구가 계속되고 있다. 그러나 국내에서는 시설의 도입과 설치에 대한 기준을 국외의 결과만을 인용하는데 그치고 있으며, 법적인 제한으로 인해 새로운 시스템의 도입조차도 제한을 받고 있는 실정이다. 특히, 실제 도로상에서 운전자와 보행자가 시스템 설치에 따라 어떻게 반응하는지, 즉 시

스템의 효과검증에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 지능형 횡단보도 안전등(ICSL)에 대해 보이는 운전자의 행태를 분석하고, 본 시스템의 효과를 검증하고자 한다.

3. 시스템 평가 방법

지능형 횡단보도 안전등시스템(ICSL : Intelligent Crosswalk Safety Lights, 이하 ICSL)은 외국에서 설치된 사례는 많으나 국내에서는 최초로 설치되는 시스템이다. ICSL시스템의 효과를 평가하는 방법은 사고율 증감에 의한 방법과 차량의 순응도 평가방법을 들 수 있다. 이 중 사고율의 증감에 의한 방법은 도로구간의 안전성을 나타내는 중요한 척도이나 단일구간의 사고자료의 수가 적고, ICSL시스템 설치와의 직접적인 연관성을 찾기 어렵다. 또한, 교통사고는 매우 복잡한 요소들 간의 상호작용으로 발생하기 때문에 본 시스템과의 직접적인 상관관계를 밝혀내기에는 어려움이 따른다.

따라서, 본 논문에서는 차량의 순응도 평가방법을 사용하기로 하겠다. 차량의 순응도에는 주행속도와 측방위치(Lateral placement)를 분석하여 평가하는 방법이 있다. 이 중 차량의 주행속도는 ICSL시스템에 대한 운전자의 반응을 파악하기 위해 매우 적절한 효과척도라 사료된다. 차량의 속도를 측정하는 방법에는 여러 가지가 있겠으나, 본 논문에서는 NC-97을 이용하여 개별차량의 속도를 측정하는 방법을 사용하였다. 시스템의 효과분석을 위해 횡단보도 투사등이 설치된 경우, ICSL시스템만을 운영한 경우, 횡단보도 투사등과 ICSL시스템을 동시에 운영한 경우, 아무것도 설치되지 않고 운영되는 경우 등 4가지로 나누어 주행속도를 측정하고 평균 주행속도, 속도의 편차 등을 분석하고자 한다. 이외에도 운전자 양보정도, 이용자(보행자, 운전자 포함)에 대한 설문을 통해 ICSL시스템의 효과를 평가하였다.

4. 현장조사계획 및 데이터 수집

1) 조사의 목적

본 조사의 목적은 ICSL시스템 설치 전/후의 실제도로상의 운전자들의 주행속도와 대상구간에 ICSL시스템 설치후 보행자에 대한 운전자 양보를 측정을 통하여 ICSL시스템의 설치효과를 검증하기 위함이다.

3) Jim Growney(2002), 『Emerging Technologies for Pedestrian Crosswalks』

2) 조사개요

차량의 주행속도 측정을 위해 NC-97을 차로당 1개씩 설치하여 개별차량의 주행속도를 측정하였다. 운전자의 보행자에 대한 양보는 비신호 횡단보도에서 보행자가 횡단을 시작한 순간부터 보행자에게 양보하는 차량대수를 측정하여 ICSL시스템 설치 전후를 비교하였다. 조사시간은 AM 10:00부터 PM 10:00까지 12시간 동안 실시하였다.

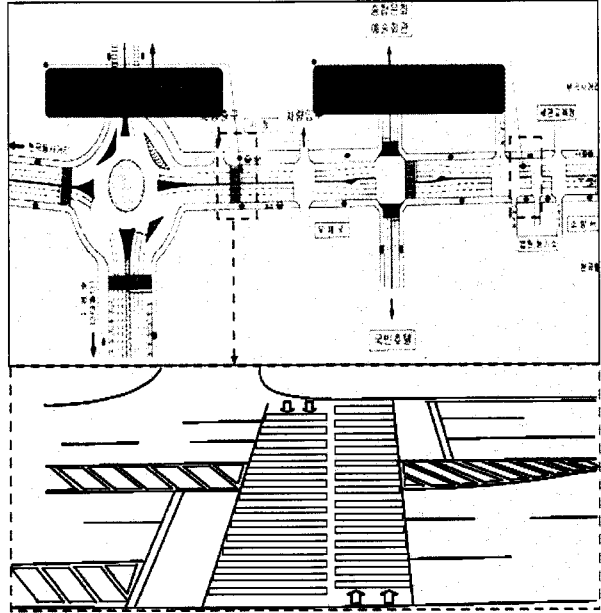
3) 조사구간

ICSL시스템은 강원도 동해시 천곡동에 위치한 동해시청 앞 비신호 횡단보도에 2007년 9월 9일 국내 최초로 설치되었다. 비교구간으로는 경찰서 앞 비신호 횡단보도를 선정하였으며, 현재 횡단보도 투사등이나 ICSL시스템 모두 설치·운영되지 않는 횡단보도이다.

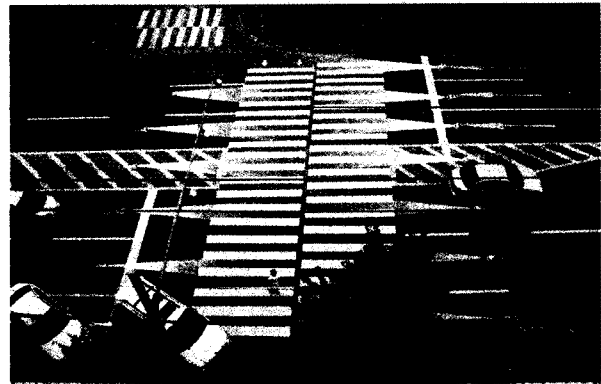
<표 2> 조사구간 주요 재원

구분	시청앞 횡단보도	경찰서앞 횡단보도
차로수	양방향5차로(천곡로 터리방향 3차로, 이마트방향 2차로)	양방향7차로(시청방향 3차로, 이마트방향5차로)
차로폭	각 3.0m	각 3.0m
횡단보도 폭원	18.0m	27.0m
횡단보도 너비	8.25m	6.3m
양방향 정지선간 거리	15.25m	32.6m
ICSL시스템간 거리	15.5m (시스템크기 제외)	-

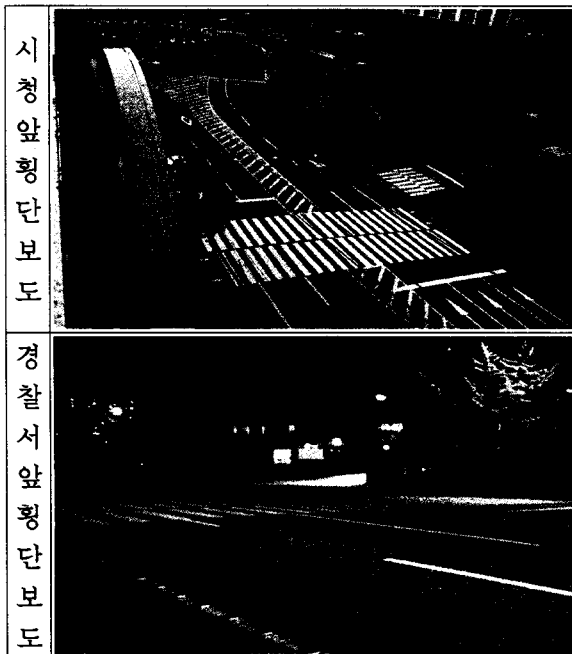
<그림 5> 조사 대상구간 개요도



<그림 6> ICSL시스템 설치도



<그림 5> 조사 대상구간 전경



4) 조사대상 시스템

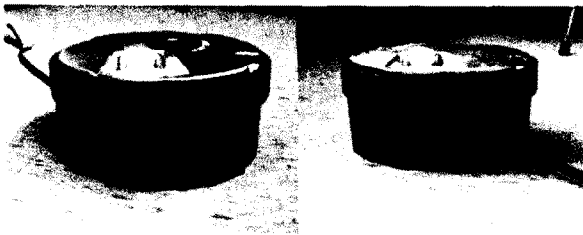
ICSL시스템은 도로안전시설물로서 횡단보도의 정지선 부근에 설치하는 시스템이다. 횡단보도를 면적인 개념으로 재설계하여 보행자에게는 횡단보도의 위치를 알려줌으로써 보행자의 안전을 향상시키고, 운전자에게는 전방에 있는 횡단보도의 위치를 알려줌으로써 운전자가 정지선 이전에 정지할 수 있도록 경고하여 안전하게 운행할 수 있게 하는 시스템이다.

ICSL시스템은 <그림 7>과 같이 두 개의 LED가 설계되어 있는데 백색과 황색의 빛을 낸다. 백색 LED는 횡단보도 방향으로 설치되어 노면표시의 유리알과 반사하여 운전자에게 횡단보도의 위치를 알려주며 보행자의 존재유무를 확인시킨다. 황색LED는 운전자 방향으로 설치되어 운전자에게 횡단보도 정지선의 위치를 알려 감속을 유도하고 정지선 이전에 정지하게 함으로써 보행자의 안전에 기여하도록 설계되어 있다.

<표 3> ICSSL시스템의 기술사양

번호	항목		규격
1	명칭		지능형 횡단보도 안전등 - LED Lamp
2	환경특성	온도범위	-40 ~ +55°C
		습도범위	0 ~ 100% (수압이 없는 상태)
3	전기적 특성	입력전원	DC 24V
		소비전력	2W(최대 밝기)
		전구종류	LED Lamp
		전구수명	50,000시간
4	광학특성		수직각도 : 0 ~ 6도 수평각도 : -20 ~ +20도
5	구조	상부몸체	알루미늄 단조
		하부커버	알루미늄 다이캐스팅
		프리즘	투명 내열유리

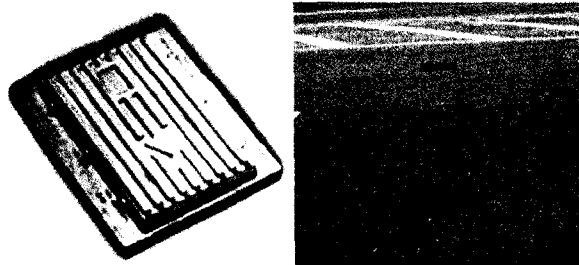
<그림 7> ICSSL시스템



5) 조사장비

운전자 주행속도 측정을 위해 교통량, 속도 조사장비인 NC-97을 사용하였다. NC-97은 노면에 설치되어 장비 위로 지나가는 차량의 축을 검지하여 속도를 측정하는 장비이다. 개별차량의 속도를 측정하도록 세팅하였으며, 차로당 1개씩 설치하였다.

<그림 8> NC-97 및 운영모습



6) 조사방법

사전조사 결과 각 방향별로 운전자가 횡단보도 임을 인지하고 감속을 시작하는 지점과 정지선까지의 중간거리인 정지선으로부터 20m 지점에 NC-97을 각 차로당 1개씩 설치하였다.

속도조사는 횡단보도 투사등 설치시, ICSSL시스템 설치 후 단독 운영시, 횡단보도 투사등과

ICSSL시스템 동시 운영시, 횡단보도 투사등과 ICSSL 모두 미운영시 4가지 상황으로 나누어 조사를 실시하였다.

교통량 데이터는 NC-97을 이용할 수 있으나 차종구분 등에서는 아직 신뢰성이 확보되지 않아 직접 계수기를 이용하여 측정하였다. 또한, 보행자 수와 보행자에 대한 양보차량 대수도 직접 측정하였다.

이외에도 지역 주민들의 의견 수렴을 위하여 보행자와 운전자에 대한 설문조사를 실시하였다.

5. 결과분석

1) ICSSL시스템의 효과분석

(1) 속도 분석

ICSSL시스템이 실제 주행 중인 운전자에게 영향을 미치는 지 알아보기 위해 4가지 상황으로 나누어 지점속도를 측정하여 조사하고 그 결과를 분석하였다.

- ① 횡단보도 투사등, ICSSL 시스템 모두 설치·운영하지 않은 경우
- ② 횡단보도 투사등만 설치·운영하는 경우
- ③ ICSSL시스템만 설치·운영하는 경우
- ④ 횡단보도 투사등과 ICSSL시스템 모두 설치·운영하는 경우

<표 4> 상황별 지점속도(12시간, 단위 : km/h)

지점 : 천곡로터리방향 1차로							
상황구분	N	최소값	최대값	평균속도	표준편차	85백분위속도	15백분위속도
①	2369	25.7	77.2	46.3	6.8	53.1	40.2
②	2455	19.3	77.2	46.4	7.5	53.1	38.6
③	2205	20.9	64.4	42.8	7.4	49.9	35.4
④	2782	19.3	66.0	42.4	7.1	49.9	35.4
지점 : 천곡로터리방향 2차로							
상황구분	N	최소값	최대값	평균속도	표준편차	85백분위속도	15백분위속도
①	2165	19.3	77.2	45.3	6.6	51.5	38.6
②	2937	24.1	77.2	45.7	7.0	53.1	38.6
③	2767	19.3	74.0	40.7	7.0	48.3	33.8
④	3319	19.3	61.2	37.3	6.8	43.5	30.6
지점 : 천곡로터리방향 3차로							
상황구분	N	최소값	최대값	평균속도	표준편차	85백분위속도	15백분위속도
①	246	19.3	67.6	38.4	9.2	45.1	29.0
②	510	19.3	77.2	37.1	11.2	48.3	27.6
③	456	19.3	64.4	31.7	9.6	41.8	21.6
④	305	19.3	66.0	33.4	12.6	48.3	24.1

<표 계속> 상황별 지점속도(단위 : km/h)

지점 : 이마트방향 1차로							
상황 구분	N	최소값	최대값	평균 속도	표준 편차	85백분 위속도	15백분 위속도
①	1872	19.3	77.2	42.6	7.2	48.3	35.4
②	5230	19.3	67.6	38.0	6.4	45.1	32.2
③	5171	19.3	67.6	35.0	6.3	40.2	29.0
④	5660	19.3	61.2	34.5	6.1	40.2	29.0
지점 : 이마트방향 2차로							
상황 구분	N	최소값	최대값	평균 속도	표준 편차	85백분 위속도	15백분 위속도
①	1750	19.3	77.2	42.4	6.6	48.3	35.4
②	2108	19.3	67.6	35.7	6.5	41.8	29.0
③	2066	20.9	67.6	33.7	4.8	38.6	29.0
④	2596	19.3	53.1	33.3	5.1	38.6	29.0

<표 5> 상황별 지점속도(6시간, 단위 : km/h)

지점 : 천곡로터리방향 1차로							
상황 구분	N	최소값	최대값	평균 속도	표준 편차	85백분 위속도	15백분 위속도
①	1241	27.4	69.2	45.7	6.5	53.1	40.2
②	1306	19.3	77.2	46.2	7.3	53.1	38.6
③	1162	24.1	64.4	41.9	6.7	48.3	35.4
④	1509	25.7	61.2	43.9	6.8	49.9	37.0
지점 : 천곡로터리방향 2차로							
상황 구분	N	최소값	최대값	평균 속도	표준 편차	85백분 위속도	15백분 위속도
①	1156	19.3	67.6	44.2	6.7	51.5	37.0
②	1550	24.1	77.2	45.7	6.9	53.1	38.6
③	1506	19.3	67.6	40.5	6.5	46.7	33.8
④	1930	25.7	61.2	40.4	6.5	46.7	33.8
지점 : 천곡로터리방향 3차로							
상황 구분	N	최소값	최대값	평균 속도	표준 편차	85백분 위속도	15백분 위속도
①	116	19.3	61.2	37.6	9.3	45.1	29.0
②	238	19.3	77.2	38.0	11.7	51.5	29.0
③	243	19.3	66.0	35.1	10.2	43.5	27.4
④	148	19.3	69.2	34.8	12.0	46.2	22.5
지점 : 이마트방향 1차로							
상황 구분	N	최소값	최대값	평균 속도	표준 편차	85백분 위속도	15백분 위속도
①	949	19.3	67.6	42.1	7.4	48.3	35.4
②	961	24.1	67.6	38.5	6.5	45.1	32.2
③	911	19.3	67.6	34.9	6.5	40.2	29.0
④	1272	19.3	61.2	34.6	6.5	40.2	29.0
지점 : 이마트방향 2차로							
상황 구분	N	최소값	최대값	평균 속도	표준 편차	85백분 위속도	15백분 위속도
①	901	19.3	77.2	41.6	6.9	48.3	35.4
②	2799	19.3	67.6	37.3	6.9	43.5	30.6
③	2555	20.9	67.6	33.9	5.1	38.6	29.0
④	2642	19.3	53.1	33.4	5.0	38.6	29.0

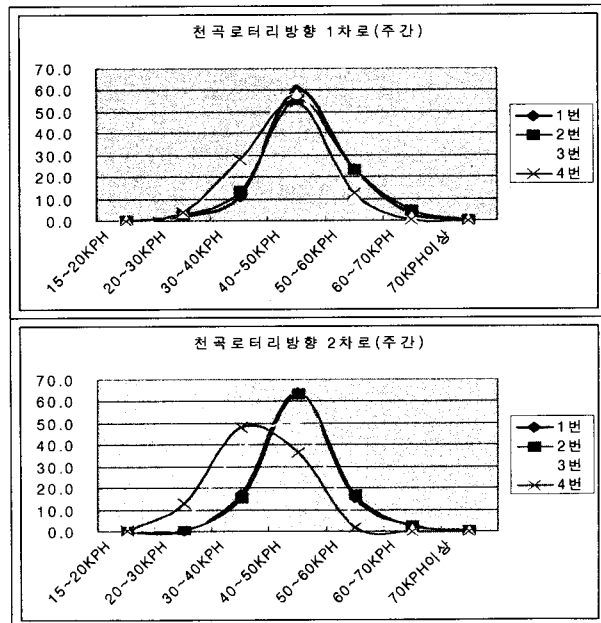
12시간 조사의 경우, 평균속도 분석 결과 ①번과 ④번의 속도는 3.9~9.1km/h의 감속 효과가 있었으며, ICSL시스템 설치 전·후(②번과 ③의 차이)의 속도는 2.0~5.4km/h의 감속 효과가 있는 것으로 분석되었다.

야간시(6시간, 16:00~22:00), 평균속도 분석 결과 ①번과 ④번의 속도는 1.8~8.2km/h의 감속 효과가 있었으며, ICSL시스템 설치 전·후(②번과 ③의 차이)의 속도는, 2.9~5.2km/h의 감속 효과가 있는 것으로 분석되었다.

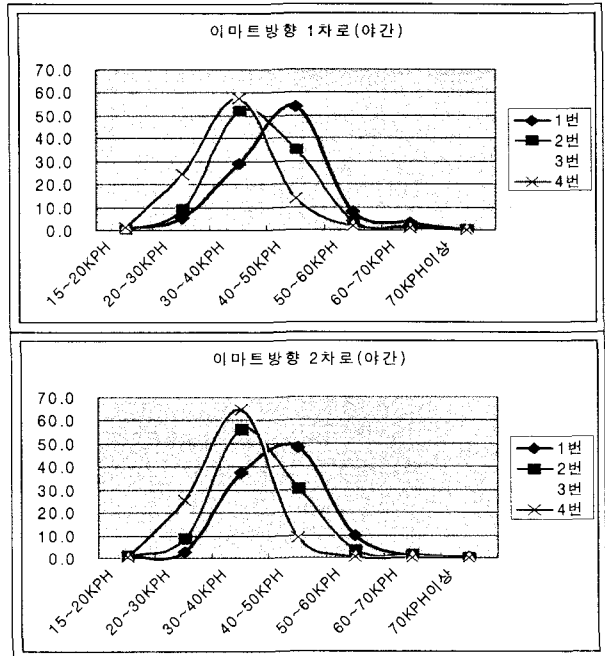
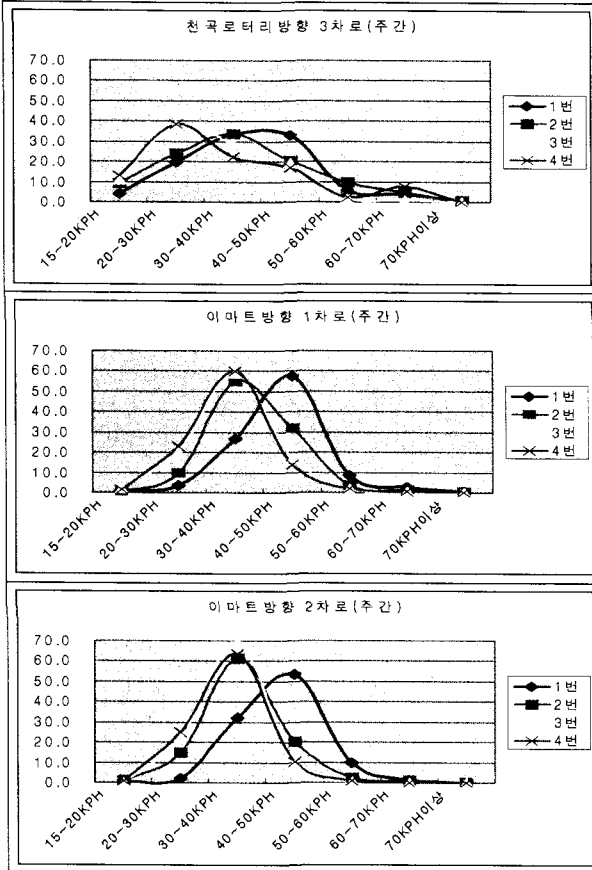
Jensen(1999)의 연구에 따르면 평균속도를 0.5~15km/h 낮출 경우, 보행자 교통사고가 17~63%까지 감소한다고 하고 있으며, 영국 교통부 산하 교통연구소의 연구결과에 따르면 평균속도 5km/h 감소시킬 경우 사망자는 35%, 부상자는 25% 감소할 것이라는 연구결과를 제시하였다. 이와 같은 해외 연구사례에 비취볼 때 ICSL시스템 설치로 인해 속도 감소에도 효과가 있지만, 잠재적으로는 보행자 교통사고를 감소시킬 것으로 사료된다.

평균속도 분포도를 살펴보면 시스템 설치전보다 설치후에 비교적 높은 속도(40km/h이상)를 나타내는 차량수가 상당수 감소하였음을 볼 수 있다. 이는 야간에도 비슷한 수준을 보였다. 이와 같이 속도의 분포도에서도 평균 주행속도가 감소하였음을 알 수 있었다.

<그림 9> 속도 분포도(주간: 10:00 ~ 22:00)



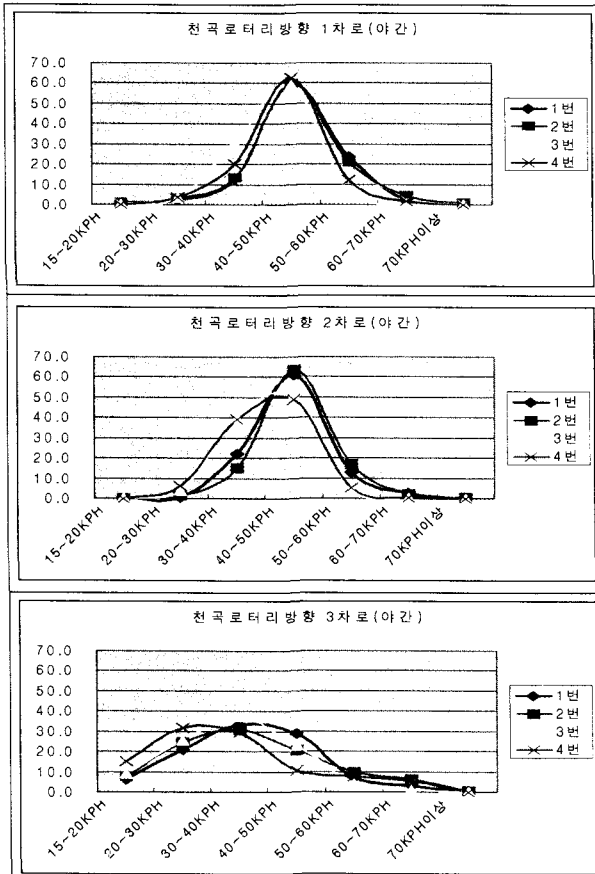
<그림 계속>



(2) 통계적 검증4)

ICSL시스템 설치·운영 전/후 평균주행속도의 변화에 대한 비교분석을 위하여 통계적 검증(T-test)을 실시하였다.

<그림 10> 속도 분포도(야간: 16:00 ~ 22:00)



<표 6> 속도변화의 통계적 유의성

구분	내용
분석 패키지	SPSS for WINDOW (Ver. 12.0)
가설 설정	연구가설 : "ICSL설치에 따라 설치 전/후의 주행속도는 차이가 있을 것이다. - 귀무가설 $H_0 = d_0 \rightarrow$ 두 집단 모평균과 분산이 동일함 - 대립가설 $H_0 \neq d_0 \rightarrow$ 두 집단 모평균과 분산이 동일하지 않음 (여기서 d_0 : 귀무가설로 설정된 차이의 평균값)

<표 7> 지점별 속도분포 비교

위치	12시간(10:00 ~ 22:00)					
	평균속도			T-test		
	설치 전	설치 후	차이	t	P-value	자유도
천곡로터리 방향 1차로	46.4	42.8	▼3.6	8.891	0.000	4658
천곡로터리 방향 2차로	45.7	40.7	▼5.0	13.452	0.000	5692
천곡로터리 방향 3차로	37.1	31.7	▼5.4	6.281	0.000	964
이마트방향 1차로	38.0	35.0	▼3.0	8.501	0.000	10399
이마트방향 2차로	35.7	33.7	▼2.0	6.701	0.000	4172

4) 아이티플러스(2004), 『가변속도 표출기(DFS)의 효과 평가에 관한 연구-과천 School-zone을 대상으로』

<표 계속>

위치	6시간 (야간, 16:00 ~ 22:00)					
	평균속도			T-test		
	설치 전	설치 후	차이	t	P-value	자유도
천곡로터리 방향 1차로	46.2	41.9	▼4.3	8.090	0.000	2466
천곡로터리 방향 2차로	45.7	40.5	▼5.2	10.251	0.000	3054
천곡로터리 방향 3차로	38.0	35.1	▼2.9	2.317	0.021	479
이마트방향 1차로	38.5	34.9	▼3.6	6.902	0.000	1870
이마트방향 2차로	37.3	33.9	▼3.4	7.523	0.000	5352

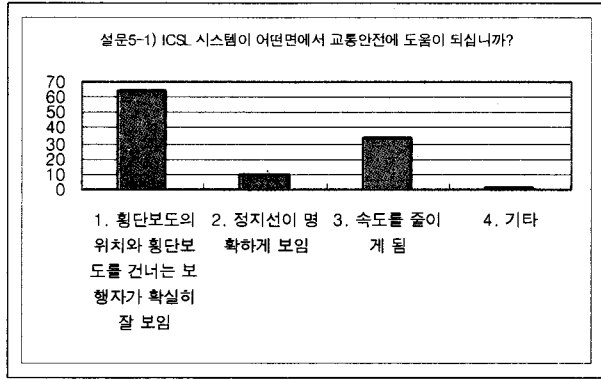
이와 같이 모든 지점의 P-value(유의확률)가 95% 신뢰수준($\alpha=0.05$)에서 모두 α 보다 작은 값으로 분석결과가 유의적으로 나타났다. 따라서, 평균속도가 같다는 귀무가설을 기각하고 “ICSL 시스템 설치에 따라 주행속도는 차이가 있을 것이다”라는 연구가설을 지지한다. 두 방향의 모든 차로에서 속도의 변화가 통계적으로 유의하게 나타났다. 12시간과 6시간의 경우 모두 ICSL시스템 설치·운영에 따른 속도변화가 통계적으로 유의성을 갖는다. 그러므로, ICSL시스템 설치로 인한 속도 감소 효과가 있다는 본 논문의 결과는 통계적으로 유의하다.

(3) 설문조사 분석

설문조사는 운전자와 보행자로 나누어 실시하였으며, ICSL시스템 설치 전·후로 나누어 2회에 걸쳐 실시하였다.

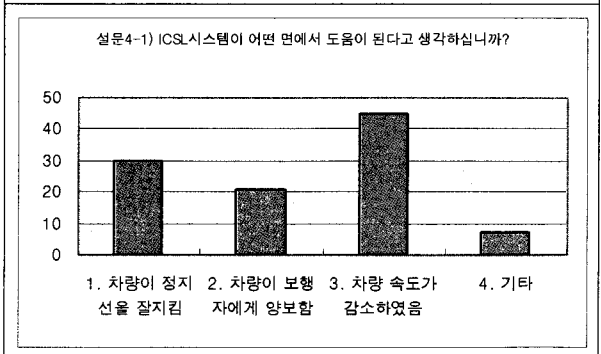
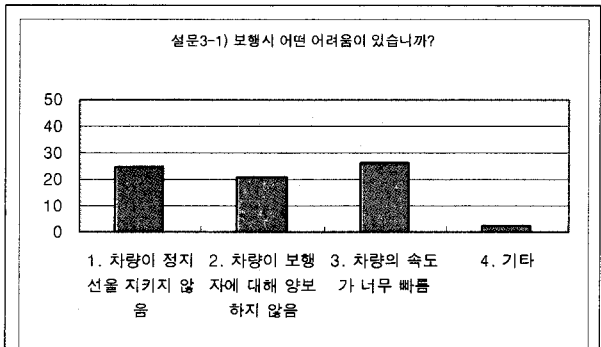
설문조사에 대해 분석한 결과는 다음과 같다. 운전자의 경우, LED 불빛의 세기에 대해 운전자의 50.5%가 보통이라고 응답하여 운전자의 시각에 불편을 초래하지는 않는 것으로 분석되었고, 다음으로 ICSL 시스템이 교통안전에 도움이 된다는 운전자가 94.2%로 대부분의 운전자들이 응답하였다. 어떤 면에서 도움이 되는가 라는 질문에는 횡단보도의 위치와 횡단보도를 건너는 보행자가 확실히 잘 보인다는 응답자가 59.1%, 속도를 줄이게 된다는 응답자가 30.9%, 정지선이 명확하게 보인다는 응답자가 9.1% 순으로 나타났다. 마지막으로, ICSL시스템을 타 구간으로 확대할 필요가 있는가 라는 질문에는 89.3%가 확대할 필요가 있다고 답해 시스템 확대에 긍정적인 입장을 나타내는 것으로 분석되었다.

<그림 11> 운전자 대상 설문조사 분석

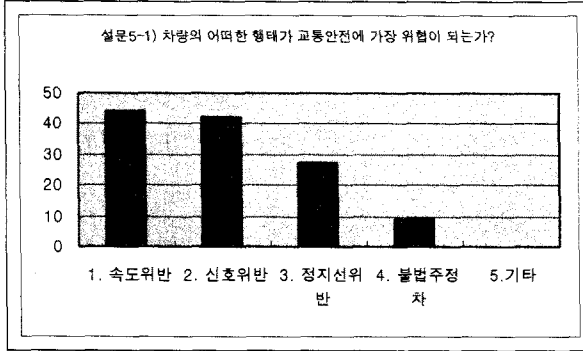


보행자의 경우, 횡단보도 횡단시 61.0%가 횡단에 어려움을 겪고 있는 것으로 나타났으며, 횡단을 어렵게 하는 이유로는 차량의 속도가 너무 빠름 31.3%, 차량이 정지선을 지키지 않음 29.9%, 차량이 보행자에 대해 양보하지 않음 23.9% 순으로 나타났다. ICSL시스템이 교통안전에 도움이 되는가 라는 질문에는 84.4%가 도움이 된다고 응답하였으며, 어떤 면에서 도움이 되는가 라는 질문에는 차량의 속도가 감소하였다 43.7%, 차량이 정지선을 잘 지킨다 29.1%, 차량이 보행자에게 양보한다 20.4% 순으로 나타났다. 또한, 차량의 어떠한 행태가 교통안전에 가장 위협을 느끼게 하는가 라는 질문에는 속도위반(36.1%), 신호위반(34.4%), 정지선위반(22.1%) 순으로 응답하였다.

<그림 12> 보행자 대상 설문조사 분석



<그림 계속>



(3) 운전자 양보 분석

여기서 운전자 양보는 보행자가 횡단보도에 진입하여 횡단을 시작했을 때 차량이 정지하여 보행자에게 양보하는 경우이고, 미양보는 정지선에 정지하지 않거나 차로를 변경하여 계속 주행한 경우를 말한다. 또한, ①번의 경우는 보행자 통행량이 ICSL시스템이 설치된 횡단보도와는 현격한 차이를 보이므로, 이를 비교하는 것은 무리라고 판단된다. 따라서, ICSL시스템 설치 전·후의 경우만 비교하였다.

ICSL시스템 설치 전·후 분석 결과, 설치전보다 횡단보도를 횡단하는 보행자에게 양보하는 차량수가 114% ~ 464% 증가하였으며, 미양보하는 차량도 138% ~ 242% 가량 감소하여 차량 운전자들이 횡단하는 보행자를 사전에 발견하고 정지하여 보행자들의 안전도가 향상되었음을 알 수 있었다.

<표 6> 운전자 양보(12시간)

지점 : 천곡로터리방향					
상황 구분	교통량/12시간	보행자/12시간	상충수	양보차량(대)	미양보차량(대)
①	4,759	81	14	7	7
②	5,648	743	278	23	255
③	5,305	563	215	53	162
④	5,569	673	204	59	145
지점 : 이마트방향					
상황 구분	교통량/12시간	보행자/12시간	상충수	양보차량(대)	미양보차량(대)
①	6,5%	55	17	1	16
②	7,905	561	440	25	415
③	7,116	489	286	102	184
④	7,612	546	287	116	171

주) 여기서 상충수란 보행자가 횡단할 때 차량과의 상충만을 의미함

<표 7> 운전자 양보(6시간, 야간: 16:00 ~ 22:00)

지점 : 천곡로터리방향					
상황 구분	교통량/12시간	보행자/12시간	상충수	양보차량(대)	미양보차량(대)
①	2,480	43	7	5	2
②	3,012	305	93	14	79
③	2,880	160	64	16	48
④	2,995	243	78	21	57
지점 : 이마트방향					
상황 구분	교통량/12시간	보행자/12시간	상충수	양보차량(대)	미양보차량(대)
①	3,426	31	7	1	6
②	3,556	219	123	11	112
③	3,308	130	74	25	49
④	3,511	184	105	50	55

주) 여기서 상충수란 보행자가 횡단할 때 차량과의 상충만을 의미함

III. 결론

보행자 사고의 대부분이 횡단보도 횡단을 포함한 횡단중 사고로 발생한다. 특히, 16시에서 22시간대에 전체 보행자사고의 39.3%가 발생하여 보행자에게 가장 위험한 시간대로 분석되었다. 그러므로 횡단보도 구간에서 운전자에게 횡단보도의 위치를 명확히 알려주고 보행자의 존재 유무를 확인시킴으로써 차량의 주행속도를 감소시킬 수 있는 방안을 모색해야 할 것이다.

이에, 본 논문에서는 국내에서 최초로 설치·운영되는 지능형 횡단보도 안전등(ICSL)의 설치 전/후 효과를 분석함으로써 속도의 감소를 통해 교통사고의 위험성을 줄이고 도로의 안전성을 높이는 ICSL시스템의 효과를 검증하였다. 또한, 운전자 양보와 이용자 설문을 통해 ICSL시스템이 보행자에 대한 운전자의 양보를 증가시키고 이용자에게 보다 안전한 교통을 제공하는 것을 알 수 있었다. 그러나 현 시스템은 국내에 최초로 설치·운영되는 만큼 아직 완성되지 않은 시스템임이 분명하다. 따라서, ICSL시스템의 발전방향을 제시하고자 한다.

1. 시스템 발전방향

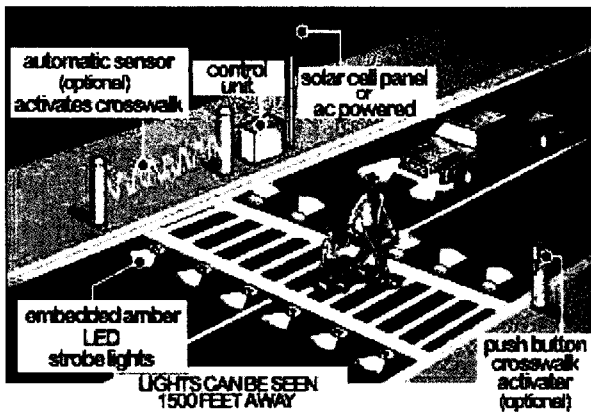
1) 횡단보도에 보행자 횡단시 황색LED등 점멸 현재 법규상의 제한으로 도로 노면에 설치되는 도로안전시설물의 점멸은 법적으로 금지되어

있다. 그러나, 시스템이 안정화 되면 운전자들은 ICSL시스템의 황색경고를 무시하게 될 것이다. 따라서, 평상시에는 점등형으로 운영하다가 보행자가 횡단보도에 접근하여 횡단을 시작하려고 할 때는 황색LED를 점멸형으로 변하게 한다면 운전자에게 좀 더 명확한 경고를 할 수 있을 것으로 사료된다.

2) 보행자 수동·자동 검지

횡단보도에 접근한 보행자들이 횡단을 원할 때 수동으로 버튼을 조작하여 시스템이 점멸로 작동하는 수동검지방식을 추가하는 것이 바람직하다고 사료된다. 그러나, 외국 사례에서 보면 일반적으로 수동검지 버튼은 보행자들에게 무시된다고 제시되어 있다. 따라서, 자동으로 보행자를 검지할 수 있는 시스템을 추가하여 보행자가 횡단보도에 접근하였을 때 자동으로 이를 검지하여 ICSL시스템이 점멸로 전환할 수 있도록 해야 할 것이다.

<그림 13> 보행자 수동·자동검지 시스템⁵⁾



3) 시스템 확장 (신호등과 연계)

향후 시스템 확장시 신호등과 연계하여 입체적인 신호시스템을 구축하여야 할 것이다. 일반적인 운전자들의 운전행태를 살펴보면, 운전자들은 정지선 훨씬 이전의 구간에서는 기존의 신호등의 등화색을 보고 정지여부를 결정하지만 정지하는 과정에서는 노면의 정지선을 보고 정지하는 행태를 보인다. 따라서 정지선의 위치를 정확히 알려주고 정지선 이전에 완전히 정지하여 보행자의 안전을 확보할 수 있도록 신호등과 연계한 시스템의 확장이 필요하다고 사료된다.

5) Rock Miller · George Dore(2003), 『In-Pavement Flashing Crosswalks-State of the Art』

<그림 14> 시스템 확장(신호등과 연계)



참고문헌

1. 도로교통안전관리공단(2006), 『교통사고통계 분석』, pp.35~45, pp.226~232.
2. Gabriel Rousseau(2005), Sheryl Miller Tucker, Ann Do, 『The Effects on Safety of In-Roadway Warning Lights at Crosswalks』, pp.2~9.
3. Jim Gowney(2002), FHWA, 『Emerging Technologies for Pedestrian Crosswalks』, pp.6~11.
4. 아이티폴리스(2004), 『가변속도 표출기(DFS)의 효과 평가에 관한 연구-과천 School-zone을 대상으로』, pp.27~28.
5. Rock Miller · George Dore(2003), 『In - Pavement Flashing Crosswalks-State of the Art』, pp.3~5.
6. CTRE(2004), 『In-Pavement Pedestrian Flasher Evaluation : Cedar Rapids, Iowa』, pp.8~17.
7. The Millennium Edition of the Manual on Uniform Traffic Control Devices(MUTCD) - Chapter 4L. IN-ROADWAY LIGHTS
8. Panos D · Prevedouros(2000), 『Evaluation of In-Pavement Flashing Lights on a Six-lane Arterial Pedestrian Crossing』, pp.4~13.
9. Katz, Okitsu & Associates(2000), 『City of Fountain Valley, Illuminated Crosswalks An Evaluation Study and Policy Recommendations』, pp.26~47.