

루프검지기 적정 매설깊이 및 휘더선 한계길이 연구

A Study of Proper Installation Depth and a limit length the Feeder-Cable for Loop Detector

송기혁

(아주대학교부설 교통연구센터 연구원)

오영태

(아주대 교통시스템공학과 교수)

Key Words : 루프검지기 구성, 매설깊이, 검지율, 휘더선, COSMOS 루프검지기 설치

목 차

I. 서론	IV. 자료수집 및 분석 방법
1. 연구의 배경 및 목적	1. 자료수집 및 처리
2. 연구의 범위 및 절차	2. 분석 방법
II. 설치 사례 및 문헌고찰, 문제점 분석	V. 분석 및 결과 제시
1. 형태 및 현황	1. 분석
2. 문헌고찰	2. 결과 지시
3. 문제점 분석	VI. 결론
III. 실험 환경 및 범위	참 고 문 헌
1. 실험 절차 및 범위	
2. 실험환경	

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

현재 국내의 서울시를 비롯한 주요도시들은 실시간 신호제어 시스템(COSMOS 이하, 실시간 신호제어시스템)을 도입중에 있으며, 그 밖의 도시들도 실시간 신호제어시스템 도입을 긍정적으로 검토중에 있다. 이러한 실시간 신호제어시스템은 대부분 현장에 루프식 차량검지기를 설치하여 현장의 교통상황정보를 실시간으로 수집하며, 자동으로 신호시간을 산출하고, 신호교차로의 대기시간 최소화를 구현하고 있다. 따라서 실시간 신호제어시스템의 효율적인 운영을 위해서는 현장 교통상황정보의 정확한 자료수집을 위해 루프식 차량검지기의 중요성이 높다.

루프식 차량 검지기는 루프선을 해당 차로 노면에 매설하여 차량이 해당 부분을 통과할 때 루프 코일에 발생하는 인덕턴스의 변화를 통하여 차량의 존재 유/무와 점유시간을 측정하는 검지기이다. 이러한 루프식 차량검지기에 대한 연구가 국내에서 수행된 바 있으나, 기존에 실시되었던 연구는 실시간 신호제어를 위한 최적루프검지기의 형태 및 루프검지기 헤드부 회전방식과 회전수 등에 대한 연구가 주로 이루어졌다. 하지만, 실시간 신호제어를 위한 루프검지기의 설치가 이루어진 이래, 루프검지기의 매설깊이 및 휘더선 한계길이에 대한 연구가 미비하여 설치기관에 따라 인위적인 매설깊이 적용과 휘더선 사용으로 루프검지기의 내구년한 단축 및 부정확한 검지정보

수집을 초래하고 있다. 또한 루프검지기의 표준화된 시방서 부재에 따른 도시별 루프검지기 매설 방법 및 적정 매설깊이, 휘더선 사용등에 차이가 발생하여 루프검지기의 신뢰성 및 양호한 품질을 확보하지 못하고 있다.

이에, 현재 실시간 신호제어를 위해 사용되고 있는 루프검지기에 대한 적정 매설깊이 및 휘더선 사용 한계길이에 대한 기준 제시를 통하여 양호한 루프검지기의 내구력 확보 및 정확한 검지정보의 수집을 도모해야 한다.

따라서 본 연구는 실시간 신호제어시스템에 있어 자료수집의 안전성 확보 및 지속적 운영을 도모할 수 있는 루프검지기별 매설깊이 및 휘더선 한계길이 기준제시를 그 목적으로 한다.

2. 연구의 범위 및 절차

본 연구는 서울시의 실시간 신호제어시스템(COSMOS, 이하 실시간 신호제어시스템)을 기본으로 루프검지기의 사용현황 및 매설깊이, 휘더선 사용길이를 살펴보고, 이와 더불어 각 지방도시의 루프검지기 사용현황 및 매설깊이를 비교자료로써 이용한다. 이를 통해 현재 루프검지기의 사용현황에 따른 매설깊이 및 각 루프검지기별 휘더선의 적용상 문제점을 파악한다. 또한 기존에 수행된 루프검지기의 적정 매설깊이 및 휘더선 한계길이 연구에 관한 문헌고찰을 실시한다. 이를 통하여 제기되는 종합적인 문제점을 도출하여 해결책을 모색한다. 해결책 모색에 있어 루프검지기의 일반적인 설치 방법을 적용한 실험 사이트 조성을 통해 실험자료를 근거로 루프검지기별 적정 매설깊이 및 휘더선 한계길이를 기준안을 제시한다.

II. 설치 사례 및 문헌고찰, 문제점 분석

1. 형태 및 현황

현재 국내에서 실시간 신호제어를 위해 사용되고 있는 루프검지기의 형태 32각 및 8각, 원형 루프검지기로써, 32각 루프검지기는 포화도 산정용으로 사용된다. 32각 루프검지기의 규격은 4m × 1.8m이며, 교차로의 직진차로에 있어 정지선 부근에 설치하고, 좌회전 차로는 정지선 후방 12m 이내에 검지기를 설치하여 이용하고 있다. 8각 루프검지기는 대기행렬 및 앞막힘 예측을 위해 사용되며, 규격은 1.8m × 1.8m로써 대기행렬 예측용은 정지선 후방 100~800m 거리까지 교통상황에 따라 설치위치를 결정하고, 앞막힘 예측용은 일반적으로 교차로 유출부 60m 이내에 설치하여 이용한다. 원형 루프검지기는 8각 루프검지기와 용도 및 설치위치가 동일하며, 다만 규격에 있어 반경 0.9m로 8각 루프검지기와 차이를 보이고 있다.

서울시의 2002년 말 기준으로 루프검지기 설치 현황은 총 1,519기로써, 32각 루프검지기 552기, 8각 루프검지기 371기, 원형 루프검지기 596기로 <표 1>와 같이 각 루프검지기별 매설깊이를 제시하고 있다. 32각 루프검지기는 2002년도를 기준으로 매설깊이 변화가 나타나며, 8각 및 원형은 동일한 매설깊이를 사용하고 있다. 32각 루프검지기의 매설깊이가 변화는 2002년도 이전에 적용하였던 매설깊이로 루프검지기 설치시 중차량 및 도로 재포장시의 절삭에 따른 루프검지기의 잦은 파손에 따른 것으로써, 이를 보완하기 위해 12cm의 매설깊이를 적용하고 있다. 또한, 2003년도 기준으로 고장율을 살펴보면, 5.9%으로써 매우 양호한 결과를 보이고 있다. 이는 적절한 루프검지기의 시방서에 입각하여 초기 루프검지기 설치시 적절한 매설깊이 확보 및 양호한 유지관리 활동으로 기인된 것이다.

기타 도시의 경우 서울시와 동일하게 실시간 신호제어를 위한 차량검지 장치로 루프검지기를 사용하고 있으며, 루프검지기 형태 및 용도별 설치위치에 대하여 동일하게 적용하고 있다. 그러나, <표 1>과 같이 루프검지기 가동률이 서울시와 대조적으로 매우 열악한 상태를 보이고 있다. 이는 서울시에 비하여 루프검지기의 낮은 매설깊이로 인한 것으로 판단된다. 또한 표준화된 루프검지기 시방서 부재에 따른 초기 설치시 부적절한 시공방법 적용 및 유지관리 미흡이 주원인으로 볼 수 있다.

<표 1> 기타도시 루프검지기 설치 현황

기관별	검지기 형태	매설 깊이	고장현황		
			설치갯수	고장갯수	고장율
대구지방경찰청	8, 32각	5.0cm	850(대구)	252	29.6%
충남지방경찰청	8, 32각	5.0cm	415(대전)	185	44.6%
전북지방경찰청	8, 32각	7.5cm	117(전주)	0	0%
청주경찰서	8, 32각	5.0cm	30(청주)	16	53.3%
서울지방경찰청	32각	2002년 이전 9cm	552(서울)	90	5.9%
		2002년 이후 12cm			
	8각 9cm	371(서울)			
	원형 12cm	596(서울)			

주) 서울 지방경찰청 : 2003년도 기준, 서울지방경찰청 자료

기타 지방경찰청 : 2000년도 기준, 감사원 자료

2. 문헌고찰

현재 본 연구와 관련하여 국내에서 실시되었던 루프검지기의 특성 연구는 1992년도에 아주대학교 교통연구센터의 “서울특별시 교통신호제어시스템 개발연구” 용역이다. 이 연구에서 제시된 주요 사항은 서울시 실시간 신호제어시스템에서의 적용 가능한 용도별 루프검지기의 형태 및 루프 헤드부 적정 루프코일 회전수, 루프검지기 설치 위치, 도입선과 휘더선 한계길이 등이다. 이 연구에서는 실험 사이트 조성을 통해 실험 자료를 근거로 결과를 제시하고 있다. 결론을 살펴보면 포화도 예측용으로 32각 루프검지기를 결정하였으며, 대기행렬 및 앞막힘 예측용은 8각 루프검지기를 제시하고 있다, 또한 루프 헤드부 적정 루프코일 회전수는 3회전이며, 설치위치는 현재의 실시간 신호제어시스템의 루프검지기 설치위치와 동일한 결과를 나타내고 있다. 도입선 및 휘더선 한계길이는 32각 루프검지기에 있어 도입선 670m, 휘더선 605m이며, 8각 루프검지기는 도입선 715m, 휘더선 790m로 제시하고 있다. 하지만 현재 사용중인 루프검지기중 원형 루프검지기에 관한 특성 및 각 루프검지기별 매설깊이에 관한 사항은 제외되었다.

또한, 기존에 도로교통안전협회에서 1994년에 수행한 “루프식 검지기 형태별 성능비교 분석”은 8각 루프검지기에 대한 원형 루프검지기의 성능비교 실험으로써, 매설깊이 및 휘더선 한계길이 실험은 제외하고 있다.

3. 문제점 분석

현재 루프검지기가 설치되어 있는 각 도시의 경우 표준화된 루프검지기 설치 시방서 부재로 인한 자의적인 여건에 따라 루프검지기를 시공하고 있다. 이로 인하여 루프검지기의 내구년한 단축 및 부적절한 초기 시공에 따라 루프검지기의 수집 데이터 오차 발생등의 문제를 발생시키고 있다. 문제 발생의 원인을 살펴보면 루프검지기의 부적절한 시공에 따른 대형차량의 빈번한 통행시 루프헤드 및 도입선의 파손과 결빙 및 해빙에 따른 루프검지기의 노면 노출, 투습 및 투수에 따른 루프검지기의 검지능력 저하등이 있다. 또한 루프검지기 설치지역의 도로 재포장시 절삭 덧씌우기 과정에 수반되는 루프검지기의 파손이 루프검지기의 검지능력상의 문제를 야기하고 있다. 이러한 문제 발생은 최초 루프검지기 시공시 매설깊이와의 깊은 연관성을 가지고 있다. 서울시와 대구 및 대전, 전주, 청주에 설치된 루프검지기의 경우 상이한 매설깊이를 보이고 있으며, 이중 고장율이 서울시가 가장 낮게 나타나고 있다. 매설깊이가 낮은 대전 및 청주의 경우 설치된 루프검지기중 약 50%에 달하는 루프검지기에 대하여 고장을 보이고 있다. 서울시의 낮은 고장율은 도로교통안전관리공단과 서울지방경찰청의 자체적인 루프검지기 설치시방서에 따라 루프검지기 시공을 실시함으로 타 도시에 비하여 양호한 루프검지기 품질 확보를 도모하고 있다.

또한, 경찰청에서 발간한 ‘루프검지기 신뢰도 향상방안 연구’ 보고서에 따르면, 루프검지기 설치 및 유지보수 전문업체의 설문조사 결과 루프검지기의 주요 파손원인을 루프검지기의 매설깊이로 지적하고 있다. 초기 부적절한 매설깊이 적용으로 중차량 통행 및 도로 포장체의 소성변화, 도로 아스팔트 절삭 후

재포장에 따른 파손으로 루프검지기의 가동율이 낮다고 지적하고 있다. 이의 루프검지기의 파손 및 오검지 원인으로는 보도부 굴착에 따르는 휘더선 파손 및 차선 재도색으로 검지영역의 변화등으로 지적하고 있으나, 이는 루프검지기 자체의 내구년한과는 무관한 것이다. 따라서 본 연구에서는 루프검지기의 내구년한 단축의 주요원인을 부적절한 루프검지기의 매설깊이로 적용하여 연구를 수행한다.

III. 실험 환경 및 범위

1. 실험 절차 및 범위

본 연구를 위한 실험절차는 우선 실험에 요구되는 루프검지기 매설사이트를 선정하여 루프검지기를 설치한 후, 매설된 루프검지기의 상태 및 Loop Detector Board의 정상작동 여부를 확인한다. 장비의 이상여부 확인 후 본 실험에 앞서 예비 실험을 실시 후, 본 실험을 실시하여 자료를 수집한다. 수집된 자료를 바탕으로 분석 과정을 거쳐 루프검지기별 적정 매설깊이 및 휘더선 사용관계길이를 기준안을 제시한다.

본 연구를 위한 실험은 위에서 살펴본 단계별 실험절차에 의해 실험 범위를 결정하며, 구체적인 사항은 <표 2>와 같다. 이를 살펴보면, 커팅깊이 범위는 현재 일반적으로 설치된 루프검지기의 커팅깊이와 “서울특별시 2000년도 신신호시스템 설치공사 실시설계서”에 준하여 범위를 설정하였다. 또한 도로 재포장시 절삭작업이 50mm 범위 이내로 실시함으로 루프검지기 매설에 따른 파손을 최소화하기 위하여 매설깊이를 일반적인 간선도로와 도로포장체 두께가 20cm 내외를 고려하여 위와 같이 설정하였다.

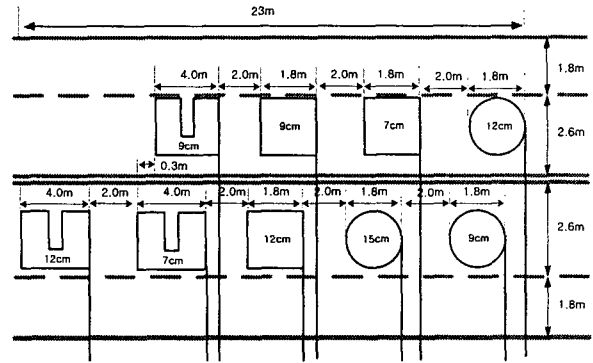
<표 2> 루프검지기별 매설깊이 실험 범위

검지기 형태	8각	32각	원형
실험 항목	70mm	70mm	90mm
	90mm	90mm	120mm
	120mm	120mm	150mm
차량 종류	승용차, 승합차		
실험 횟수	차량별 각 5회		
차량 주행속도	10km/h 이내		
휘더선 길이	0m ~ 차량 미검지까지		

차종 선택은 실험 사이트 구성 및 실시간 신호제어에서 승용차 중심으로 평균 차량검지길이를 이용하여 자료를 이용하고 있으므로, 이를 반영 차종을 선택하였다. 차량주행속도 설정시 반복 실험에 따른 일정한 주행속도가 유지되어야 하며, 비디오 프레임 분석시 10km/h 이상의 차량 주행속도에서는 프레임 분석에 따른 오차가 3%이상 발생됨으로 오차 최소화 및 일률적인 주행속도의 확보 고려하였다. 또한 “루프검지기의 신뢰도 향상방안 연구” 결과에 따르면 차량의 주행속도와 검지율에는 상관성이 없다는 결과를 제시하고 있으므로 본 10km/h 이내의 차량주행속도 실험시 일상의 도로에서 발생하는 검지율 결과는 동일하다고 판단됨으로 <표 2>와 같이 주행속도를 설정하였다.

2. 실험환경

본 연구를 위한 실험사이트 루프검지기 구성은 다음 <그림 1>와 같으며, 각 루프검지기의 헤드부분 루프코일 회전수는 동일하게 3회전 실시하였다. 루프검지 설치시 실시간 신호제어 시스템과 동일한 설치 방법을 적용하며, 루프검지기발 매설깊이 변화를 주어 실험 사이트를 조성한다.



<그림 1> 루프검지기 현장 설치도

루프검지기간 이격거리는 인접 루프검지기간 자기장의 영향권을 고려하여 1.8m 이상을 유지한다. 이는 미국의 경우 루프검지기의 끝선을 옆 차선에서부터 0.8m ~ 0.9m 이상 띄우도록 권장하고 있으며, 루프검지기에서 0.6m 떨어진 지점도 루프의 영향권에 속한다는 기 수행된 연구결과를 수용한 것이다. 루프검지기 형태별 거리는 루프검지기간 영향을 최소화 고려 2.0m로 설정한다.

실험에 사용된 각 루프검지기의 전선 사양은 “서울특별시 2000년도 신신호시스템 설치공사 실시설계서”에 근거하여 다음 <표 3>과 같이 이용하였다.

<표 3> 실험 전선 사양 및 실험 차량 자원

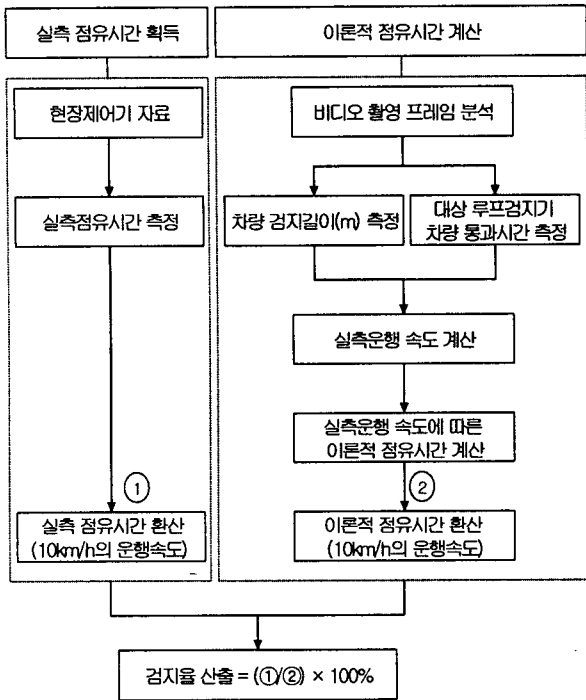
종류	루프코일	도입선	휘더선	차량 자원
32각	AWG	AWG No.	AWG	승합차
8각	NO. 14	14	No. 14,16	전장 : 4.80m 축고 : 0.19m
	연동선	연동선	연동선	
원형	AWG	AWG No.	AWG	승용차
	No. 14	14,16	No. 14,16	
	연동선	연동선	2코어	전장 : 4.40m 축고 : 0.16m

IV. 자료수집 및 분석 방법

1. 자료수집 및 처리

본 실험의 수집 자료는 루프검지기별 실측 점유시간과 이론적 점유시간이다 이에 자료 수집방법에 있어 실측 점유시간 획득을 위하여 실험 현장에서 실험차량 통과시 Loop Detector Board와 연결된 컴퓨터를 이용하며, 이론적 점유시간은 해당 루프검지기 위로 실험 차량 통과 장면에 대한 비디오 촬영을 통하여 영상을 획득하고 이를 실내에서 프레임 분석기를 통해

이론적 점유시간을 계산한다. 이렇게 수집된 자료를 바탕으로 <그림 2>와 같은 절차에 의해 분석을 실시하였다.



<그림 2> 자료수집 및 처리 절차

2. 분석 방법

매설깊이에 따른 각 루프검지기 형태 및 휘더선 길이에 대한 차량별 검지율 평가는 현장제어기("루프검지기 Detector Board" 이하 현장제어기) 및 비디오 촬영을 통하여 수집된 자료를 근거로 분석을 실시하며, 분석된 이론적 점유시간에 대한 실측 점유시간과 이론적 점유시간을 비교하여 100% 기준으로 차량 검지율을 평가한다. 검지율이 100%인 경우는 차량 점유시간 및 이론적 점유시간상의 오차가 없는 상태로써, 정확하게 차량을 검지하였다고 볼 수 있다. 단 비디오 프레임 분석시 분석장비의 특성상 1초를 30프레임으로 분석됨으로 실험차량의 주행 속도 10km/h에 따른 프레임 분석상의 실험 오차가 3% 내외로 존재한다. 이에 프레임 분석에 따른 실험오차를 감안하여 분석을 실시하였다.

검지율 평가에 있어서 각각의 루프검지기 형태 및 매설깊이, 휘더선 길이별로 각각 5회 실험 검지율에 대한 산술평균값을 이용하여 평가를 실시하며, 검지율의 오차를 계산은 검지율 100%를 기준으로 절대값을 이용한다. 이를 통하여 루프검지기 별 매설깊이 및 휘더선 한계길이의 연구결과를 제시하였다.

V. 분석 및 결과 제시

1. 분석

32각 루프검지기의 매설깊이 및 휘더선 길이별 검지율 실험결과는 <표 4>와 같다.

32각 루프검지기에 있어 휘더선 미연결시 승합차 및 승용차에 대하여 매설깊이 7.0cm에서 최대 5.6%의 검지율 오차를 보이고 있으며, 9cm 및 12cm 매설깊이에서는 1% 내외의 검지율 오차를 보이고 있다.

휘더선 연결시에는 휘더선 길이 및 매설깊이 증가에 따라 검지율이 떨어지는 결과를 보이고 있다. 또한 승합차 및 승용차에 있어서도 차고가 상대적으로 높은 승합차의 검지율이 승용차에 비해 떨어지면, 휘더선 길이 600m 이상에서는 차량이 미검지가 발생하고 있다.

32각 루프검지기는 현재 도입선만으로 검지기 설치위치에서 현장제어기까지 연결을 감안한다면, 휘더선 연결시의 검지율 자료는 무의미하다고 판단된다. 단 32각 루프검지기에 대한 휘더선 연결 실험은 향후 32각 루프검지기에 대한 휘더선 사용 여부를 판단하기 위한 것이다. 32각 루프검지기의 휘더선 미연결시 검지율 최대 오차 5.8%를 보이고 있다. 이는 비디오 프레임 분석상의 오차 3%를 고려한다면, 32각 루프검지기는 매설깊이별 검지율에 대한 영향도가 없다고 판단된다. 또한 32각 루프검지기에 대하여 휘더선 연결 사용시 검지율 감소 및 미검지 상태가 발생함으로 휘더선 사용은 지양해야 한다.

<표 4> 매설깊이/휘더선길이 실험 결과(32각)

차종	휘더선 길이 (m)	매설 깊이(cm)		
		7cm 검지율(%)	9cm 검지율(%)	12cm 검지율(%)
승합차	0m	99.1	98.3	97.4
	100m	63.8	55.1	36.1
	300m	32.6	27.0	0
	600m	0	0	0
승용차	0m	105.6	101.0	101.8
	100m	72.5	64.9	54.2
	300m	61.1	52.7	28.7
	600m	45.5	26.8	0

8각 루프검지기의 실험결과는 <표 5>와 같으며, 이를 살펴보면 다음과 같다.

우선, 휘더선 길이 변화와 매설깊이 사이의 관계를 살펴보면, 전체적으로 휘더선 길이 증가와 상관없이 매설깊이는 모두 양호한 검지율 결과를 보이고 있다. 매설깊이 12cm 실험에 있어 700m 휘더선 길이에서 가장 큰 9.2%의 검지율 오차를 보이고 있다. 매설깊이 9cm에서는 휘더선 길이 700m에서 5.4%의 검지율 오차를 보이고 있으며, 매설깊이 7cm에서는 휘더선 미연결 상태에서 3.2%의 최대 오차를 보이고 있다. 상기 제시한 각 매설깊이와 휘더선 길이와의 최대 검지율 오차는 실험상의 오차 3%를 고려한다면 매우 양호한 결과값이며, 이는 휘더선 길이와 매설깊이와의 관계는 미미하다고 판단된다.

8각 루프검지기의 휘더선 사용 한계길이는 1000m 이내로 설정하였다. 이는 1000m 이상 연결시 통과차량에 대하여 미검지가 발생되며, 1000m 이내에서만 차량을 검지하며, 이때의 검지율에 있어서도 유의한 결과를 보이고 있다.

<표 5> 매설깊이/취터선길이 실험 결과(8각)

차 종	취터선 길이 (m)	매설깊이(cm)		
		7cm 검지율(%)	9cm 검지율(%)	12cm 검지율(%)
승합차	0m	98.3	98.3	95.6
	600m	104.8	100.6	98.5
	700m	100.6	105.4	108.7
	800m	101.8	99.9	98.7
	1000m	99.3	102.3	102.5
	1100m	0	0	0
승용차	0m	103.2	95.8	97.5
	600m	100.6	95.2	98.4
	700m	102.7	104.4	109.2
	800m	101.5	99.3	100.9
	1000m	102.8	102.6	98.6
	1100m	0	0	0

원형 루프검지기의 실험결과는 <표 6>과 같으며, 이를 살펴보면 다음과 같다.

우선, 취터선 길이와 매설깊이 관계를 살펴보면, 전체적으로 취터선 길이 증가와 상관없이 매설깊이별로 모두 양호한 검지율 결과를 보이고 있다. 매설깊이 15cm에서 800m 취터선 길이에서 가장 큰 2.7%의 검지율 오차를 보이고 있다. 매설깊이 12cm에서는 취터선 길이 600m에서 8.2%의 검지율 오차를 보이고 있으며, 매설깊이 9cm에서는 취터선 길이 600m에서 8.0%의 최대 검지율 오차를 보이고 있다. 상기 제시한 각 매설깊이와 취터선 길이와의 최대 오차는 실험상의 오차 3%를 고려한다면 매우 양호한 결과값으로 취터선 길이와 매설깊이와의 관계는 없다고 판단된다.

원형 루프검지기의 취터선 사용 한계길이는 900m 이내로 설정할 수 있다. 이는 900m 이상 연결시 통과차량에 대하여 미검지가 발생되며, 900m 이내의 취터선 길이에서는 양호한 검지율을 보이고 있다.

<표 6> 매설깊이/취터선길이 실험 결과(원형)

차 종	취터선 길이 (m)	매설깊이(cm)		
		9cm 검지율 (%)	12cm 검지율 (%)	15cm 검지율 (%)
승합차	0m	97.5	101.3	101.5
	600m	108.0	108.2	99.3
	700m	102.0	100.5	100.4
	800m	103.2	102.4	102.7
	900m	106.2	106.5	100.6
	1000m	0	0	0
승용차	0m	99.2	97.6	100.9
	600m	100.8	98.0	102.3
	700m	100.5	103.8	102.0
	800m	103.3	100.6	101.7
	900m	102.0	106.6	98.2
	1000m	0	0	0

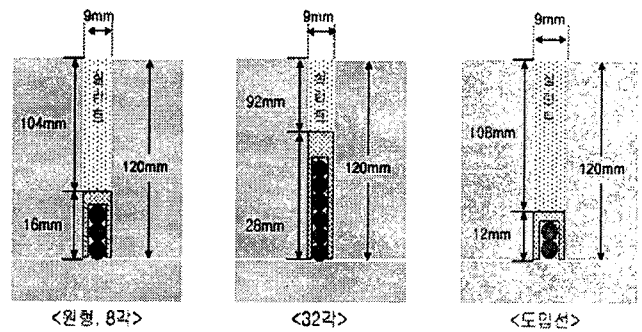
2. 결과 제시

위에서 루프검지기별 매설깊이 및 취터선 한계길이 실험 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 32각 루프검지기는 취터선 미연결시 모든 매설깊이에서 양호한 검지율을 보이고 있으며, 취터선 연결시 검지율이 떨어지는 결과를 보이고 있다.
- 8각 루프검지기는 취터선 길이 1000m 이내에서 차량을 검지하며, 이때 매설깊이별로 모두 양호한 검지율 결과를 보이고 있다.
- 원형 루프검지기는 취터선 길이 900m 이내에서 차량을 검지하며, 이때 매설깊이별로 모두 양호한 검지율 결과를 보이고 있다.

1) 매설깊이 결과

32각 및 8각, 원형 루프검지기의 매설깊이는 루프검지기 매설 지역의 도로 채포장에 따른 절삭작업시 루프검지기의 파손을 방지하기 위해 절삭깊이 및 루프검지기의 헤드선 자체적인 전선 두께를 고려하여야 한다. 일반적인 도로 채포장시 절삭깊이는 50mm 이내이며, 루프검지기 헤드부분의 전선 자체 두께는 32각 루프검지기의 경우 30.4mm 이며, 8각 및 원형검지기는 15.2mm임이다. 따라서 32각 루프검지기는 최소 매설깊이가 80.4mm 이상 되어야 하며, 8각 및 원형 루프검지기의 경우는 65.2mm 이상이 되어야 한다. 따라서 위의 실험에 실시된 70mm 매설깊이는 루프검지기의 내구년한 및 양호한 품질관리를 위해 부적합하다고 판단되며, 도로포장체 두께를 고려하여 매설깊이를 결정해야 한다.



<그림 3> 12cm 루프검지기 매설단면도

위와 같은 사항을 토대로, <표 7>과 같은 연구결과에 다른 매설깊이 기준을 제시한다. <표 7>에서 제시된 루프검지기별 매설깊이는 일반적인 아스팔트 도로 포장상태시 적용되는 기준이며, 허용 매설깊이는 표준 매설깊이 기준으로 시공이 불가능할 경우에 있어 허용 매설깊이 범위내에서 매설을 실시할 수 있도록 제시한 것이다. 허용 매설깊이 적용시 아스팔트 포장 두께를 고려하며, 포장두께 이상 매설깊이 적용은 불가능할 경우 포장두께 1/2 이내로 시공할 것을 권장한다. 포장두께 1/2 이내 시공은 미국의 루프검지기 전문 시공업체인 'Reno A&E'

사의 자체적인 연구에 따른 권고사항을 참조하였다.

<표 7> 루프검지기 형태별 커팅깊이 기준

컷팅깊이 \ 형태	32각	8각	원형
표준 커팅깊이 기준	12cm	12cm	12.7cm
허용 커팅깊이 기준	9~12cm	9~12cm	9~15cm
현재 시공중인 커팅깊이	12cm	9cm	12.7cm
포장 두께 고려	포장깊이 1/2	포장깊이 1/2	포장깊이 1/2

주) 아스팔트 포장재 두께는 도로의 위계상 차이가 발생되나, 일반적으로 20 ~ 25cm의 두께로 구성

2) 휘더선 사용 한계길이

휘더선 사용 한계길이에 있어 해당 루프검지기과 휘더선 연결에 따른 차량 검지 유/무를 고려하여 범위를 설정한다. 이에 32각 루프검지기는 휘더선 연결시 차량 검지정보가 수집되지 않으므로 휘더선 사용을 피하여 하며, 8각 루프검지기는 1000m 휘더선까지만 차량이 검지됨으로 그 이상의 휘더선 길이는 제한한다. 원형루프검지기에 있어서도 휘더선 길이 900m 까지 차량이 검지됨으로 900m이상의 휘더선 사용은 자제해야 한다. 따라서, <표 8>은 본 실험 결과에 의한 휘더선 사용 한계길이에 대한 결과를 제시한다.

<표 8> 휘더선 사용 한계길이 기준

검지기 형태	휘더선 사용 한계길이
32각 루프검지기	사용금지
8각 루프검지기	1000m 이내
원형 루프검지기	900m 이내

VI. 결론

본 연구는 실시간 신호제어용 루프검지기를 대상으로 루프검지기별 적정 매설깊이와 휘더선 사용 한계길이 기준을 제시하였다.

루프검지기별 매설깊이 기준은 표준 매설깊이와 허용 매설깊이로 구분하였다. 32각 및 8각 루프검지기에 있어서 표준 매설깊이는 12cm, 허용 매설깊이는 9~12cm이며, 원형 루프검지기는 표준 매설깊이 12cm, 허용 매설깊이 9~15cm로 제시하였다. 상기 허용깊이 적용은 루프검지기 표준깊이 적용이 어려운 도로에서 포장 두께를 고려하여 결정해야 한다.

루프검지기별 휘더선 한계길이 기준은 32각 루프검지기의 경우 휘더선 연결시 검지율 저하되어 휘더선 사용을 지양하도록 기준을 제시하였으며, 8각 및 원형 루프검지기의 경우는 각각 1000m와 900m의 휘더선 사용 한계길이에 대한 결과를 제시하

였다.

본 연구를 통하여 제시된 루프검지기별 매설깊이 및 휘더선 사용 한계길이 기준을 근거하여 루프검지기를 설치하여 운영한다면, 루프검지기의 내구년 증대 및 지속적으로 양호한 검지 정보의 수집을 기대할 수 있다. 또한 이를 통하여 실시간 신호 제어시스템의 운영 효율을 증대시킬 수 있다.

본 연구는 실험 환경특성상 아스팔트 도로만을 대상으로 실험이 실시되어, 콘크리트 도로상의 연구는 미비한 상태이다. 또한 실험에 사용된 루프선 및 도입선, 휘더선의 전선 사양을 서울시의 루프검지기 시방서를 근거로 국한되어 실험이 실시되어 루프 및 도입선, 휘더선에 대한 최적 전선 사양 제시가 부족하다고 판단된다. 실험에 사용된 차량에 있어서도 승용차 및 승합차에 국한되어 실험을 실시하여, 차량의 축고에 따른 루프검지기의 검지범위에 대한 고려가 미흡하였다.

따라서 향후 콘크리트 도로에 대한 적정 매설깊이 실험과 휘더선 한계길이 실험이 요구되며, 이와 아울러 다양한 루프선 및 도입선, 휘더선의 전선에 대한 비교 실험, 다양한 차종에 루프검지기 검지 한계등에 관한 실험을 통해 루프검지기에서 수집되는 교통정보의 신뢰성을 향상시켜야 하겠다.

참 고 문 헌

1. 서울지방경찰청(1999). "신신호시스템 기능개선용역".
2. 서울지방경찰청(2000). "신신호시스템 기능개선용역".
3. 아주대학교 교통연구센터(1992). "서울 특별시 교통신호제어 시스템 개발연구용역 수행 2차년도 결과보고서" (검지기체계 개발연구).
4. 서울지방경찰청. 교통신호제어시스템 NEMA 규격집.
5. 서울지방경찰청, 도로교통안전관리공단(2000), "2000년도 신신호시스템 설치공사 실시설계".
6. 이용중, 아주대학교 공학석사학원 논문(2003). "실시간 신호 제어시스템에서 대기행렬길이 산출 알고리즘 개발".
7. 서울지방경찰청(2003). "실시간 신호 제어시스템 검지기보수 공사 공사시방서".
8. 도로교통안전협회(1994). "루프식 검지기 형태별 성능비교 분석".
9. 경찰청(2003), "루프검지기 신뢰도 향상방안 연구"
10. 경찰청(2003), "루프검지기 표준시방서"
11. 경찰청(2003), "루프검지기 신뢰도 향상방안 연구"
12. 이철기, 대한교통학회지 제13권 제3호(1995), "실시간 교통 신호제어를 위한 루프검지기의 최적형태결정에 관한 연구",
13. 이철기, 대한교통학회지 제14권 제3호(1996), "실시간 신호 제어를 위한 차량검지기 정보의 신뢰성 비교 평가",
14. Adolf D. May, Traffic Flow Fundamentals, 1990.
15. Traffic Detector Handbook second edition, ITE.
16. William R. McShane, Roger P. Roess, Elena S. Prassas, Traffic Engineering, Prentice hall, 1998.
17. <http://www.renoae.com/>