

2023 교통신호기 설치·운영 업무편람



TRAFFIC SIGNAL INSTALLATION·OPERATION GUIDELINES



경찰청
KOREAN NATIONAL POLICE AGENCY

목 차

C O N T E N T S

제 1 편

교통신호기의 설치

제1장 일반원칙

제1절 신호기 설치목적 및 기능	2
제2절 법적 근거	3
제3절 신호기의 종류 및 만드는 방식	6
1. 중앙주식 설치방법(Posted or Pole Mounted)	9
2. 지주와 부착대를 이용한 설치방법(Mast-Arm Mounted) ..	10
3. 교통신호등 지주 설계시 고려사항	11
제4절 교통신호등 구성요소	14
제5절 신호의 종류 및 의미	15
1. 차량 신호등	15
2. 보행 신호등	19
제6절 신호등의 종류, 만드는 방식 및 설치·관리기준	19
제7절 신호등의 등화배열순서 및 등화순서	22
1. 신호등의 등화배열순서	22
2. 신호등의 신호순서	23
3. 신호등화의 적용	25
4. 신호등화의 금지	26

제2장 신호기 설치기준

제1절 차량신호기 설치기준	28
제2절 보행자신호기 설치기준	30
제3절 우회전 삼색등 설치기준	31

제3장 신호기 설치장소

제1절 신호기 설치장소	34
1. 차량신호기 설치장소	34
2. 보행자신호기 설치장소	45
3. 노면전차신호기 설치장소	46
4. 가로형이색등(구. 가변형 가변등) 설치장소	49
5. 가변등 설치장소	50
6. 우회전 삼색등 설치장소	51

제2편

교통신호기의 운영

제1장 차량 신호운영

제1절 신호등의 운영	54
1. 차량 신호변환시간(황색+전적색시간)	54
제2절 신호제어의 기초	57
1. 신호제어변수 종류와 역할	57
2. 신호제어 방법 결정	60
제3절 신호시간 계획	69
1. 신호시간계획 절차	69
2. 현황조사	72
3. 교통수요 추정	73
4. 포화교통류율 산정	74
5. 소요현시율 계산	75
6. 현시체계 결정	76
7. 최소녹색시간의 산정	85
8. 주기길이 계산	85
9. 현시별 녹색시간 배분	86

목 차

C O N T E N T S

제4절 신호연동계획	87
1. 신호연동 요건	87
2. 신호연동을 위한 공통주기 설정	90
3. 신호연동방법	92
4. 옵셋 결정방법	95
제5절 특수 신호운영	101
1. 점멸신호운영	101
2. 경보형 경보등	103
3. 가로형이색등	104
4. 가변등(고속도로 갓길차로제)	106
5. 우회전 삼색등	106
 제2장 보행 신호운영	
제1절 보행 신호시간 계획	112
제2절 보행 신호 자동연장	114
제3절 선행·후행 보행 신호시간 운영	117
1. 선행 보행 신호시간 운영 (LPI : Leading Pedestrian Interval)	117
2. 후행 보행 신호시간 운영 (보행자 신호 전시간, Before Pedestrian Time)	119
제4절 대각선 횡단보도에서의 신호운영	121
제5절 동시보행신호 운영	123
 제3장 자전거 신호운영	
제1절 자전거 신호등	128

제4장 우선신호운영

제1절 우선신호의 개념	134
제2절 우선신호 방식	134
제3절 우선신호 적용 대상 및 기준	136
제4절 우선신호 기법	137
제5절 우선신호 제어절차	140

부 록

부록1 교통신호기 사업

제1절 교통신호기 사업 기본계획 작성	144
1. 사업 배경 및 목적	144
2. 사업 대상구간 선정	146
3. 소요예산 추정 절차	146
4. 공사원가 계산방법	148
5. 설계 감리 비용 산출	152
6. 데이터베이스(Data Base) 구축 비용 산출	153
7. 총 소요예산 결정	153
8. 사업예산 편성 및 확보	153
제2절 감독 및 감리 업무	154
1. 공사감독	154
2. 감독 및 감리업무 구분	156
제3절 교통신호기 유지관리	158
1. 일반사항	158
2. 교통신호기 관리대장 작성 요령	159
3. 유지·관리 기록양식	161
제4절 내구연한	176

목 차

C O N T E N T S

부록2 교통신호기 지주설계 계산예

제1절 설계계산시 고려사항	177
1. 사하중 (Dead Load)	177
2. 풍하중 (Wind Load)	177
3. 설하중 (Ice Load)	178
제2절 교통신호등 지주설계	178
1. 사하중	179
2. 풍하중	179
3. 응력계산	179

제 1 장

일반원칙

- 제1절 신호기 설치목적 및 기능
- 제2절 법적 근거
- 제3절 신호기의 종류 및 만드는 방식
- 제4절 교통신호등 구성요소
- 제5절 신호의 종류 및 의미
- 제6절 신호등의 종류, 만드는 방식 및 설치·관리기준
- 제7절 신호등의 등화배열순서 및 등화순서



제 1 편

제1장 일반원칙



제1절 신호기 설치목적 및 기능

기 준

■ 목적

신호기는 도로에서의 위험을 방지하고 교통의 안전과 원활한 소통을 확보하기 위하여 설치한다.

■ 기능

신호기는 도로교통에서 문자·기호 또는 등화(燈火)를 사용하여 진행·정지·방향전환·주의 등의 신호를 표시하기 위하여 사람이나 전기의 힘으로 조작하는 장치로서, 다양한 교통류에 우선권을 할당하는 기능을 한다.

해설

신호기는 교차로, 단일로 및 합류하는 도로 등에 설치되어 신호등이 위치한 도로의 교통을 통제한다.

신호기는 교통안전과 원활한 소통을 도모하는 교통안전시설이므로 도로 이용자에게 혼란을 주지 않아야 하며, 차량의 진행방향에서 잘 보이도록 설치해야 한다. 신호기의 위치, 설계, 신호지시의 의미 등은 일관성 있고 통일성을 가져야 하며, 교통안전표지 및 노면표시 등의 교통안전시설과 유기적 또는 보완적으로 결합하여야 한다.

신호기는 교차로 또는 단일로에서 보행자나 차량 등 여러 교통류에 대하여 우선권을 교대로 할당하며, 지정된 행동을 취하도록 지시하거나 경고하기 때문에 안전성의 제고나 소통의 증진과 같은 편익을 제공한다. 신호기의 설치, 운영 및 유지보수가 적절히 이루어진다면 다음과 같은 장점이 있다.

- 교통류의 흐름을 질서 있게 한다.
- 교통처리용량을 증대시킬 수 있다.

- 교차로에서의 직각충돌사고를 줄일 수 있다.
- 적절한 조건하에서 도로를 따라 규정된 속도로 계속적으로 교통류가 흐를 수 있는 신호 연동화가 가능하다.
- 특정 교통류의 소통을 도모하기 위하여 교통흐름을 차단하는 것과 같은 통제에 이용할 수 있다.

교통 및 도로의 조건이 신호기 설치기준에 적합하더라도 신호기를 비효율적인 곳에 설치하거나, 부적절하게 운영하고, 유지보수를 소홀히 한다면 다음과 같은 단점이 발생할 수 있다.

- 과도한 대기로 인한 지체가 발생할 수 있다.
- 신호지시를 무시하는 경향을 조장할 수 있다.
- 신호기를 피하기 위해 부적절한 노선을 이용할 수 있다.
- 교통사고, 특히 추돌사고가 증가할 수 있다.

신호기의 설치와 운영은 도로 및 교통여건에 대한 공학적 판단에 기초해야 하며, 신호기 설치기준뿐만 아니라 설치장소의 교통안전 및 운영과 관련된 기타요인까지 고려하여야 한다.

제2절 법적 근거

[도로교통법]

제2조(정의)

15. “신호기”란 도로교통에서 문자·기호 또는 등화(燈火)를 사용하여 진행·정지·방향 전환·주의 등의 신호를 표시하기 위하여 사람이나 전기의 힘으로 조작하는 장치를 말한다.

제3조(신호기 등의 설치 및 관리)

- ① 특별시장·광역시장·제주특별자치도지사 또는 시장·군수(광역시외의 군수를 제외 한다. 이하 “시장등”이라 한다)는 도로에서의 위험을 방지하고 교통의 안전과 원활한 소통을 확보하기 위하여 필요하다고 인정하는 때에는 신호기 및 안전표지(이하 “교통안전시설”이라 한다)를 설치·관리하여야 한다. 다만, 「유료도로법」 제6조의 규정에 의한 유료도로에서는 시장등의 지시에 따라 그 도로관리자가 이를 설치·관리하여야 한다.
- ② 시장등 및 도로관리자는 제1항에 따라 교통안전시설을 설치·관리할 때에는 제4조에 따른 교통안전시설의 설치·관리기준에 적합하도록 하여야 한다.
- ③ 도(道)는 제1항에 따라 시장이나 군수가 교통안전시설을 설치·관리하는 데에 드는 비용의 전부 또는 일부를 시(市)나 군(郡)에 보조할 수 있다.

④ 시장등은 대통령령으로 정하는 사유로 도로에 설치된 교통안전시설을 철거하거나 원상회복이 필요한 경우에는 그 사유를 유발한 사람으로 하여금 해당 공사에 드는 비용의 전부 또는 일부를 부담하게 할 수 있다.

제4조(교통안전시설의 종류 및 설치·관리기준 등)

- ① 교통안전시설의 종류, 교통안전시설의 설치·관리 기준, 그 밖에 교통안전시설에 관하여 필요한 사항은 행정안전부령으로 정한다.
- ② 제1항에 따른 교통안전시설의 설치·관리 기준은 주·야간이나 기상상태 등에 관계 없이 교통안전시설이 운전자 및 보행자의 눈에 잘 띄도록 정한다.

제5조(신호 또는 지시에 따른 의무)

- ① 도로를 통행하는 보행자와 차마 또는 노면전차의 운전자는 교통안전시설이 표시하는 신호 또는 지시와 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람이 하는 신호 또는 지시를 따라야 한다.

제7조(교통 혼잡을 완화시키기 위한 조치)

경찰공무원은 보행자, 차마 또는 노면전차의 통행이 밀려서 교통 혼잡이 뚜렷하게 우려될 때에는 혼잡을 덜기 위하여 필요한 조치를 할 수 있다.

제12조(어린이 보호구역의 지정 및 관리)

- ⑤ 시장등은 제1항에 따라 지정한 어린이 보호구역에 어린이의 안전을 위하여 다음 각 호에 따른 시설 또는 장비를 우선적으로 설치하거나 관할 도로관리청에 해당 시설 또는 장비의 설치를 요청하여야 한다.

1. 어린이 보호구역으로 지정한 시설의 주 출입문과 가장 가까운 거리에 있는 간선 도로상 횡단보도의 신호기

제14조(차로의 설치 등)

- ① 시·도경찰청장은 차마의 교통을 원활하게 하기 위하여 필요한 경우에는 도로에 행정안전부령으로 정하는 차로를 설치할 수 있다. 이 경우 시·도경찰청장은 시간대에 따라 양방향의 통행량이 뚜렷하게 다른 도로에는 교통량이 많은 쪽으로 차로의 수가 확대될 수 있도록 신호기에 의하여 차로의 진행방향을 지시하는 가변차로를 설치할 수 있다.

제16조(노면전차 전용로의 설치 등)

- ① 시장등은 교통을 원활하게 하기 위하여 노면전차 전용도로 또는 전용차로를 설치하려는 경우에는 「도시철도법」 제7조제1항에 따른 도시철도사업계획의 승인 전에 다음 각 호의 사항에 대하여 시·도경찰청장과 협의하여야 한다. 사업 계획을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

2. 노면전차 전용로 내 교통안전시설의 설치

제60조(갓길 통행금지 등)

- ① 자동차의 운전자는 고속도로등에서 자동차의 고장 등 부득이한 사정이 있는 경우를 제외하고는 행정안전부령으로 정하는 차로에 따라 통행하여야 하며, 갓길(「도로법」에 따른 길어깨를 말한다.)로 통행하여서는 아니 된다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 차량정체 시 신호기 또는 경찰공무원등의 신호나 지시에 따라 갓길에서 자동차를 운전하는 경우

제68조(도로에서의 금지행위 등)

- ① 누구든지 함부로 신호기를 조작하거나 교통안전시설을 철거·이전하거나 손괴하여서는 아니 되며, 교통안전시설이나 그와 비슷한 인공구조물을 도로에 설치하여서는 아니 된다.

제147조(위임 및 위탁 등)

- ① 시장등은 이 법에 의한 권한의 일부를 대통령령이 정하는 바에 의하여 시·도경찰청장 또는 경찰서장에게 위임 또는 위탁할 수 있다.

[도로교통법 시행령]**제86조(위임 및 위탁)**

- ① 법 제147조제1항에 따라 특별시장·광역시장은 다음 각 호의 권한을 시·도경찰청장에게 위임하고, 시장·군수는 다음 각 호의 권한을 경찰서장에게 위탁한다. 다만, 광역교통신호체계의 구성을 위하여 필요하다고 인정되는 경우 관계 시장·군수는 상호협의하여 제1호에 따른 권한을 시·도경찰청장에게 공동으로 위탁할 수 있다.

[도로교통법 시행규칙]**제6조(신호기)**

- ① 법 제4조에 따른 신호기의 종류 및 만드는 방식은 별표 1과 같다.
- ② 제1항에 따른 신호기가 표시하는 신호의 종류 및 그 뜻은 별표 2와 같다.
- ③ 제1항에 따른 신호기는 법 제3조제1항 및 영 제86조제1항에 따라 시·도경찰청장 또는 경찰서장이 필요하다고 인정하는 교차로 그 밖의 도로에 설치하되 그 앞쪽에서 잘 보이도록 설치하여야 한다.

제7조(신호등)

- ① 제6조에 따른 신호기 중 신호등의 종류, 만드는 방식 및 설치기준은 별표 3과 같다.
- ② 제1항에 따른 신호등의 등화의 배열순서 및 신호순서는 각각 별표 4 및 별표 5와 같다.
- ③ 제1항에 따른 신호등은 다음 각 호의 성능을 가져야 한다.
 1. 등화의 밝기는 낮에 150미터 앞쪽에서 식별할 수 있도록 할 것
 2. 등화의 빛의 발산각도는 사방으로 각각 45도 이상으로 할 것

3. 태양광선이나 주위의 다른 빛에 의하여 그 표시가 방해받지 아니하도록 할 것

제139조(위임규정)

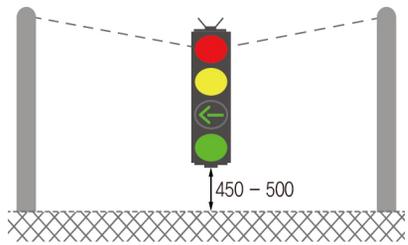
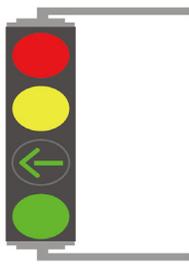
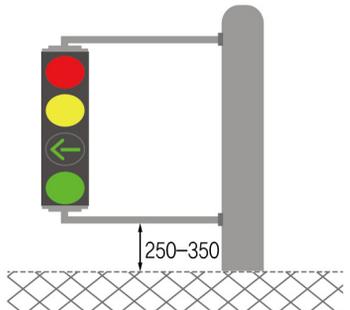
① 운전면허시험·정기적성검사·수시적성검사·교통안전교육·운전면허 행정처분·통고처분 및 교통안전시설을 만드는 방식과 그 설치·관리기준에 관하여 이 규칙에 정하지 아니한 사항으로서 필요한 사항은 경찰청장이 정할 수 있다.

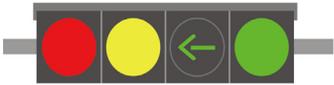
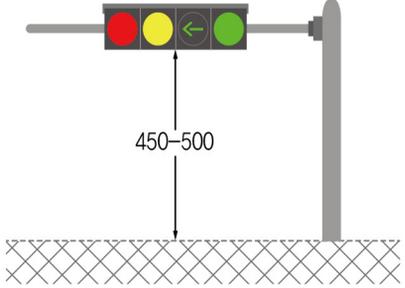
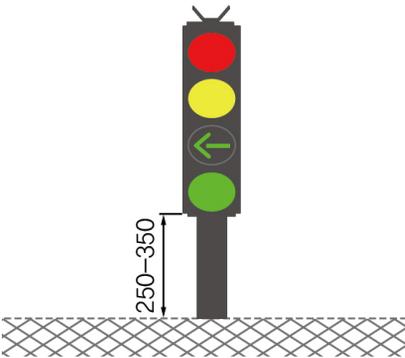
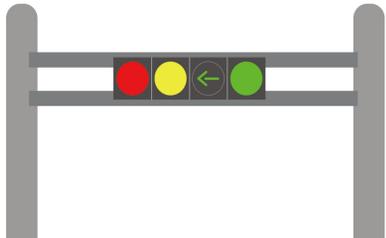
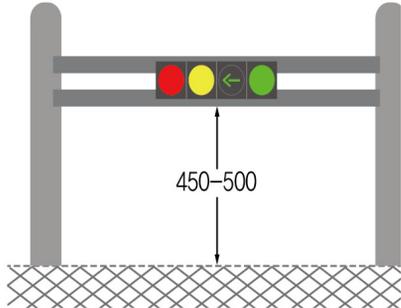
제3절 신호기의 종류 및 만드는 방식

기준

- 신호기의 설치 방법에는 도로교통법 시행규칙 별표 1과 같이 현수식(매달식), 옆기둥식 세로형, 옆기둥식 가로형, 중앙주식 및 문형식이 있다.

표 1-1 신호기의 종류 및 만드는 방식

종류	만드는 방식 (단위 : 밀리미터)	구조 및 신호등의 높이 (단위 : 센티미터)
현수식 (매달식)		
옆기둥식 세로형		

종류	만드는 방식 (단위 : 밀리미터)	구조 및 신호등의 높이 (단위 : 센티미터)
옆기등식 가로형		
중앙주식		
문형식		

비고) 노면전차 신호기를 설치할 경우 노면전차 신호등을 알아보기 쉽고 눈에 잘 띄게 하는 등 안전성을 고려하여 신호등의 높이를 3.5미터 이상 4미터 이하로 설치할 수 있다.

해설

신호기 설치방법은 현수식(매달식), 옆기둥식, 중앙주식 및 문형식으로 나눌 수 있으며, 옆기둥식은 다시 세로형과 가로형으로 구분된다. 설치방법의 선정은 도로 및 교통여건에 대한 공학적 판단에 따라야 한다. 신호기 설치 높이는 운전자의 시각특성, 차량 높이, 교차로 횡단 거리, 건축한계 등을 고려하여 결정한다.

- 신호기 설치 시 운전자들에게 양호한 시인성을 제공하는 것을 가장 먼저 고려하여야 한다.
- 신호기 설치공사는 획일적인 기준으로 시공할 것이 아니라 도로기하구조 특성 (도로폭, 도로구배, 교차로 및 횡단보도의 구조형태)을 고려한 설계와 시공이 행해져야 하며 다음과 같은 2가지 기본적인 설치방법이 있다.
 - 중앙주식 설치방법 (지주자체 부착방법, Posted or Pole mounted)
 - 지주와 부착대를 이용한 방법 (Mast - arm mounted)
- 신호기 설계 및 설치 시 다음과 같은 요소들을 고려하여야 한다.
 - 운전자에게 가장 위험이 적고, 깨끗하고, 단순 구조로 설계
 - 운전자의 주의가 산만해지지 않도록 설계 및 설치

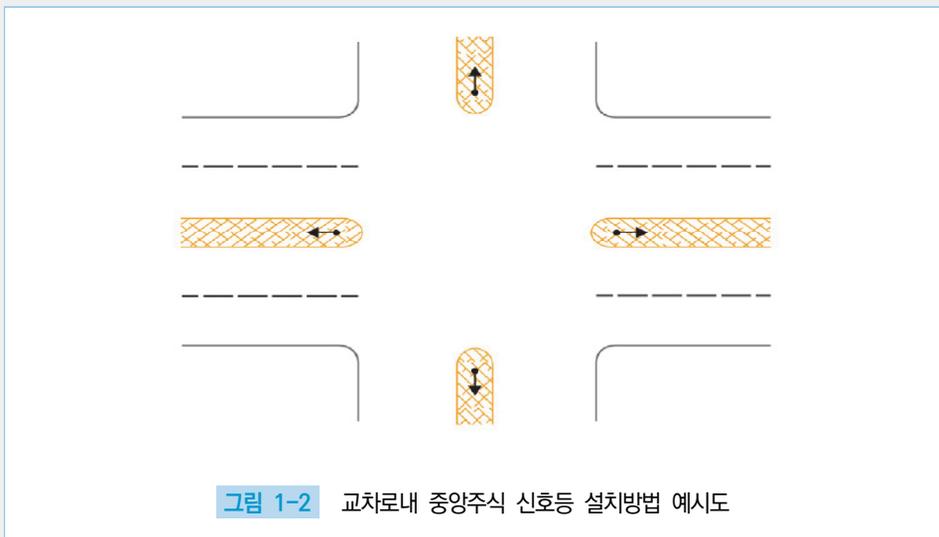
1. 중앙주식 설치방법(Posted or Pole Mounted)

기 준

- 전용지주를 사용하여 설치(지주를 자체 부착)하는 방법으로 [그림 1-1]과 같이 상단, 측면 (수직, 수평) 부착방법이 있으며 신호등두는 보도로부터 2.5~3.5m 사이의 높이에 설치한다.



- 중앙주식 신호등의 설치방법은 [그림 1-2]와 같이 교차로 각 회전부의 연석 중심에 신호등 지주를 설치하여 각 방향별로 신호등을 설치한다.



- 중앙주식 신호등 설치시 고려요소들은 다음과 같다.
 - 중앙분리대에 미설치 및 신호를 다현시로 운영할 경우, 설치 불가
 - 차량통행에 지장을 주지 않도록 신호등 측면에는 0.6m의 여유 공간 확보

표 1-2 중앙주식 설치방법의 장·단점

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> • 설치비용 적음 (유지보수 용이함) • 도로통행에 대한 간섭이 없음 • 보호좌회전이 운용중이며 폭이 넓은 중앙분리대에 설치시 시인성 양호 (외관상 가장 미려함) 	<ul style="list-style-type: none"> • 신호현시의 의미를 명확하게 전달하기 위한 위치 등에서는 좋지 못함 • 설치높이 제한으로 접근로에 종단구배가 있는 경우 문제점 발생 가능

2. 지주와 부착대를 이용한 설치방법(Mast-Arm Mounted)

해설

신호등의 등기선과 연결선의 외부 노출 없이 내민 구조로 된 부착대내에 등기선 등을 삽입하여 신호등두를 설치하는 방법으로 시인성 등이 타 방식보다 양호한 편이다. 재질은 금속제 또는 알루미늄 등을 사용하며 부착대 형태는 다음과 같다.

- 관(管) 형태 : 단일 철재관 또는 알루미늄 사용(형태 다양하게 제작 가능)
- 사다리꼴 형태 : 수직재(垂直材)에 의해 두 개의 부착대를 사다리꼴 형식으로 결합한 형태(상부 부착대에 등기선을 매입, 신호등면을 수직으로 설치)
- 트럼본 형태 : 사다리꼴 형식에서 수직재를 제외한 것으로 트럼본 악기 형태로 설치하는 것 (두 개의 상하부 부착대 사이에 신호등면을 수평으로 설치)

표 1-3 지주와 부착대를 이용한 설치방법의 장·단점

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> • 신호등두의 수평적 설치 용이 • 정지선으로부터 양호한 시인성 제공 • 보행자신호등, 보행자작동신호기 및 각종 신호관련 보조장치 설치 가능 • 대체적으로 미관상 양호한 편임 • 풍압 등 외부 동하중에 대해서도 견고하게 지탱 가능함 	<ul style="list-style-type: none"> • 타 설치방식보다 설치비용 고가 • 도로폭이 매우 넓은 경우 차량제어를 하고자 하는 차로 위에 신호등 설치가 곤란한 경우 발생

관형태의 지주 사용과 부착대를 이용하여 신호등을 설치하는 방법의 예시는 [그림 1-3]과 같다.

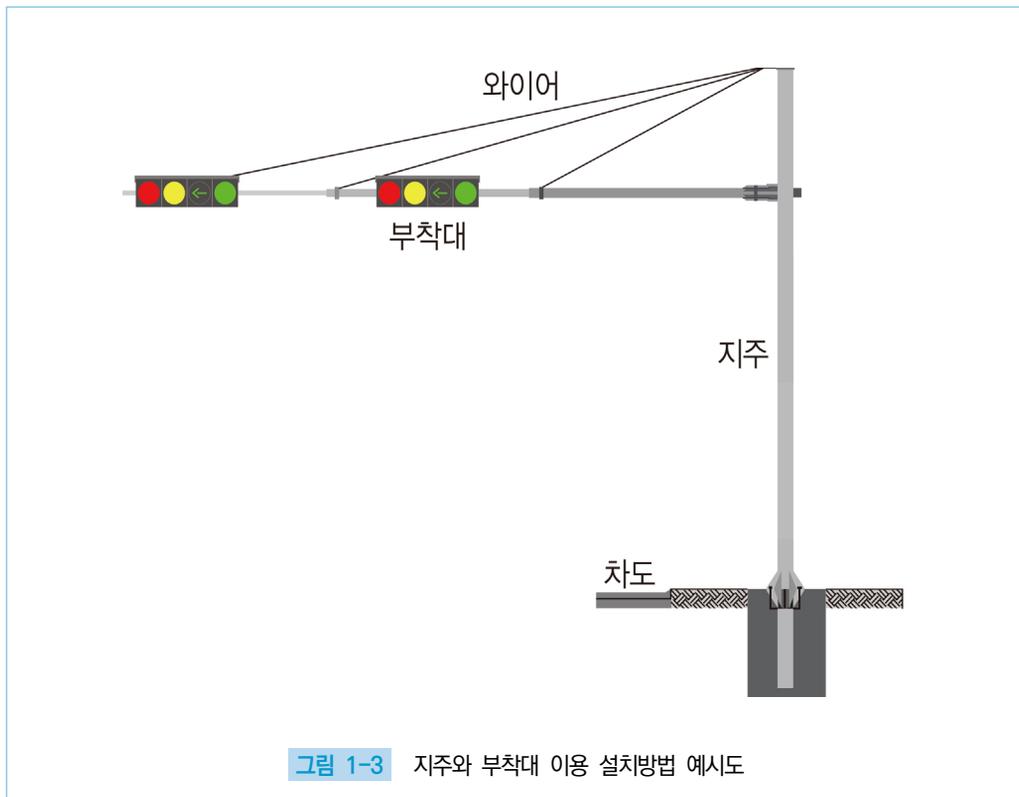


그림 1-3 지주와 부착대 이용 설치방법 예시도

3. 교통신호등 지주 설계시 고려사항

3.1. 하중

권 장

- 지주에 신호등 외 기타 시설물이 과다하게 부착되지 않도록 하며, 불가피한 경우에는 추가적인 보강방법을 고려한다.

해설

신호등 지주설계시 고려하중은 사하중, 활하중 (설하중, 풍하중, 지진력, 충격 하중 등)으로 구분할 수 있으며 본 업무편람에서는 신호등과 연관된 사하중, 활하중인 풍하중과 설하중에 대해 설명한다.

가. 사하중 (死荷重, Dead Load)

- 정의 : 표지, 조명, 교통신호기, 구조물 등의 자체의 무게 (自重)
- 신호등은 신호등등(폴리카보네이트 합체와 부착기구 포함) 1색등 중량을 4kg로 가정, 계산

나. 활하중 (Live Load)

(1) 풍하중 (Wind Load)

풍하중은 지주, 표지, 조명, 교통신호기 등의 지주에 대한 바람의 압력으로써 15.2m 이상의 조명지주와 문형식 표지구조물은 50년, 15.2m 이하의 조명, 교통신호등 지주구조물은 25년, 노측표지구조물은 10년의 강풍 재발주기로 산정하여 계산한다. 풍하중의 측정은 지상에서 10m의 높이에서 측정된 값을 이용한다. 풍하중 계산식은 다음과 같다.

$$P = \frac{1}{2} \rho V^2 C_d A \quad (\text{단위: } kg)$$

여기서 ρ : 공기밀도($\frac{1.226kg/m^3}{9.8m/s^2} = 0.125kg \cdot s^2/m^4$) V : 기본풍속(m/s)

C_d : 항력계수(신호등 및 표지판 : 1.2, 지주 : 0.7) A : 유효수압면적(m^2)

기본풍속이란 재현기간 100년에 대한 최대풍속의 비초과확률 60%에 해당하는 것으로서 개활지에서 지상 10m의 10분간 평균풍속을 말한다. 신호등 지주 설계시에는 지역별 기본풍속¹⁾을 반영하되, 최근의 대규모 자연재해와 교통안전시설의 중요성을 고려하여 다음 <표 1-4>에 준한 풍속을 적용한다. <표 1-4>에 없는 지역의 경우 지역 조건을 고려하여 인접 지역의 풍속을 적용한다.

표 1-4 신호등 설계시 지역별 기본 풍속

구분	지역	지명	기본풍속 (%)
I	내륙	서울, 대구, 대전, 춘천, 청주, 수원, 추풍령, 전주, 익산, 진주, 광주	40
II	서해안	서산, 인천	45
III	서남해안 / 남해안 / 동남해안	군산 / 여수, 통영, 부산 / 포항, 울산	50
IV	동해안 / 제주지역 / 특수지역	속초, 강릉 / 제주, 서귀포 / 목포	55
V		울릉도	60

대규모 태풍 발생시 지주가 완파되기 보다는 지주에 부착된 기타 시설물(안전표지, 도로표지 등)에 의해 가로재(보)가 파손되는 경우가 많으므로 신호등 외에 기타 시설물이 과도하게 부착되지 않도록 해야하며, 불가피한 경우에는 추가적인 보강방법을 고려해야 한다. 신호등 지주의 보강방법으로는 가로재 보강방법과 지주와 가로재를 연결하는 지지용 와이어를 보다 견고한 제품으로 사용하는 방법 등이 검토될 수 있다.

1) 국토교통부(2021), 교량설계하중(한계상태설계법)

따라서 대형태풍에 의한 지주의 파손을 방지하기 위해서는 부착시설물의 최대 설치 가능 개수와 신호등 지주 보강방법에 대해 구조전문가에 의한 구조해석 등을 통해 시공성과 경제성 측면에서 유리한 공법을 채택하는 것이 바람직하다.

(2) 설하중 (Ice Load)

지주구조물, 교통신호기, 수평지주 표면주변에 작용하는 $15\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 하중을 말한다. 우리나라에서는 적설량이 적고 또 신호기에 강봉을 사용함으로 실제 눈이 쌓이는 면적은 적은 편이기 때문에 특별한 경우를 제외하고는 고려하지 않으며 만약, 고려할 경우에는 다음 식을 이용한다.

$$S = p \times h \times C$$

S : 적설하중

p : 눈의 평균 단위중량 (적설깊이 1cm당 kg/m^3)

h : 적설량

C : 계수 (지붕의 경사도 및 형상 등에 따른 계수)

3.2. 기초

해설

신호등 지주를 지지하기 위한 기초를 타설하기 위해서는 먼저 토질의 형태와 밀도, 지질조건 등을 포함하는 토질조사를 실시하며 조사 방법은 표준관입시험²⁾을 실시한다. 기초의 유형에는 관형 기초 (Caisson), 확대 기초 (기초의 폭에 대한 깊이가 1보다 작을 경우), 말뚝기초, 타입형 기초 등이 있다. 교통신호등 지주 기초 계산 시 가정 조건은 다음과 같다.

- 기초의 최소깊이는 전면 지반의 최대 수평지반 반력도를 그 점에서 받는 토압 강도와 동등 하다고 간주한다.
- 기초의 안정은 기초전면 지반의 수평지반 반력도로 결정되며 저면지반의 수직 지반 반력도에는 좌우되지 않으며 전단 저항력은 무시한다.
- 기초 주변의 지반은 N치 10정도의 사질지반 (지내력도 = $10\text{t}/\text{m}^2$)으로 지반 반발력 계수는 깊을수록 증대한다고 판단하여 3각형 응력분포를 채택한다.
- 기초 전면의 단위 체적중량은 $\gamma = 1.7\text{t}/\text{m}^3$, 토압 계수는 $K_p = 3.53$ 으로 한다.
- 기초에 작용하는 부력, 지내력은 일반적으로 고려하지 않는다.
- 기초 콘크리트의 단위 체적 중량은 $\gamma_c = 2.352\text{t}/\text{m}^3$ 로 한다.

2) 표준관입시험 (Standard Penetration Test) : 외경 5.1cm, 내경 3.5cm, 길이 81cm인 중공(中空) 샘플러를 타격 에너지 63.5kg의 해머로 75cm의 높이에서 자유낙하시켜 샘플러를 30cm 관입시키는데 소요되는 타격 회수를 N으로 하고, N에 의해 토질의 밀도와 점착력을 측정하는 시험 방법

3.3. 지주 재질

- 강관 : 뒤틀림, 휨에 강한 반면 내식성이 약하나, 일반적으로 용융아연도금 처리로 내식성을 강하게 하여 많이 사용한다.
- 알루미늄 합금주 : 내식성이 강하여 해안 지역의 안전표지 지주에 적당하다.
- 원추형 강관 지주 : 일반적으로 신호등용 부착대 (KS 제품)로 사용한다.
- 기타 : 철근콘크리트주, 알루미늄피막 관주, 용융도금을 한 백관 등이 있다.

3.4. 지주 제작

- 지주 제작시 고려 사항
 - 용융 아연 도금의 작업은 KS D 8308에 따른다.
 - 지주 및 지주용 캡, 지주 연결용 강판에 대한 도금은 KS D 8308 (용융 아연 도금)에 준하며, 아연 부착량은 550g/m² 이상이어야 한다.
 - 원형지주는 이음부가 없는 것을 원칙으로 하되 이음의 경우에는 지하 매설부분에 한하여 30cm이내로 이음하고 이음부분은 견고하게 용접 처리한다.
 - 소정의 기준에 의거 (길이, 폭, 직경, 두께 등) 정확한 치수로 제작되어야 하며, 일체 흠이 없어야 한다.
 - 표면에 부착된 녹, 기름 등 이물질을 제거하고 도금을 시행하여야 하며, 내외면은 곧고 결함이 없어야 한다.
 - 원형지주, H형강 지주, 지주 연결판 등은 용접 또는 천공 작업이 완료된 후 용융 아연 도금을 시행한다.
 - 어린이·노인·장애인 등 보호구역 내에 설치되는 지주는 「LED교통신호등 표준지침」(교통신호기 관리 업무편람 ②)에 따라 신호등 합체 색상과 동일한 특수색(Pantone 116 U)을 사용할 수 있다.

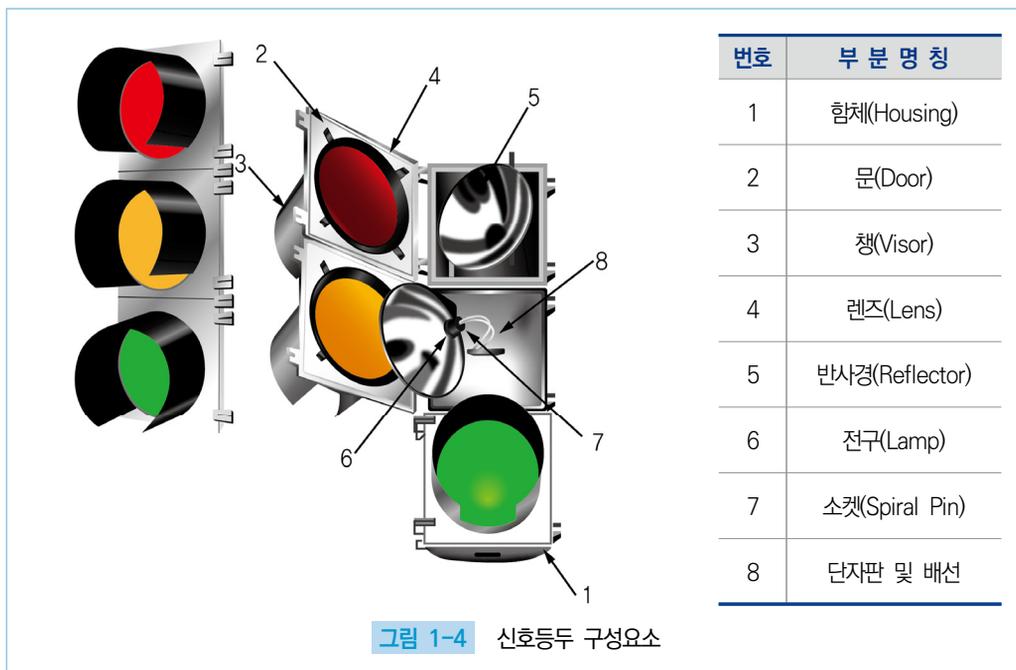
제4절 교통신호등 구성요소

해설

신호등은 크게 신호등두(Signal Head)와 이를 구동시켜 신호등면 (Signal Face)을 점등시키는 교통신호제어기로 구성되어 있다. 신호등두에는 전구, 착색렌즈, 첩, 반사경이 포함된 합체와 이를 둘러싸고 있는 배면판이 있다. 차량용 신호등두의 구성요소는 [그림 1-4]와 같다.

최근에 많이 사용되는 LED 교통신호등은 광원으로 전구 대신 LED를 사용한 것으로 초기 설치비는 전구식에 비해 다소 비싸지만, 전력소모량이 적고 수명이 길고 유지보수비가 적게 든다는 장점이 있다. 교통신호등을 새롭게 설치할 경우에는 LED 교통신호등을 설치하여야 한다.

어린이·노인·장애인 등 보호구역 내에 설치되는 경우에는 「LED교통신호등 표준지침」(교통신호기 관리 업무편람 ②)에 따라 신호등 합체 색상을 특수색(Pantone 116 U)으로 할 수 있다.



제5절 신호의 종류 및 의미

1. 차량 신호등

차량 신호등이 표시하는 신호의 종류 및 의미는 다음과 같다.

기준

- 녹색의 등화
 - 차마는 직진 또는 우회전할 수 있다.
 - 비보호좌회전표지 또는 비보호좌회전표시가 있는 곳에서는 좌회전할 수 있다.
- 황색의 등화
 - 차마는 정지선이 있거나 횡단보도가 있을 때에는 그 직전이나 교차로의 직전에 정지하여야 하며, 이미 교차로에 차마의 일부라도 진입한 경우에는 신속히 교차로 밖으로 진행하여야 한다.
 - 차마는 우회전할 수 있고 우회전하는 경우에는 보행자의 횡단을 방해하지 못한다.

- 적색의 등화
 - 차마는 정지선, 횡단보도 및 교차로의 직전에서 정지하여야 한다.
 - 차마는 우회전하려는 경우 정지선, 횡단보도 및 교차로의 직전에서 정지한 후 신호에 따라 진행하는 다른 차마의 교통을 방해하지 않고 우회전할 수 있다.
 - 위 두번째 사항에도 불구하고 차마는 우회전 삼색등이 적색의 등화인 경우 우회전 할 수 없다.
- 황색등화의 점멸
 - 차마는 다른 교통 또는 안전표지의 표시에 주의하면서 진행할 수 있다.
- 적색등화의 점멸
 - 차마는 정지선이나 횡단보도가 있을 때에는 그 직전이나 교차로의 직전에 일시정지한 후 다른 교통에 주의하면서 진행할 수 있다.
- 녹색화살표의 등화
 - 차마는 화살표시 방향으로 진행할 수 있다.
- 사각형 등화 중 녹색화살표의 등화(하향)
 - 차마는 화살표로 지정한 차로로 진행할 수 있다.
- 사각형 등화 중 적색 「×」표 표시의 등화
 - 차마는 적색 「×」표 표시가 있는 차로로 진행할 수 없다.
- 사각형 등화 중 적색 「×」표 표시 등화의 점멸
 - 차마는 적색 「×」표 표시가 있는 차로로 진입할 수 없고, 이미 차마의 일부라도 진입한 경우에는 신속히 그 차로 밖으로 진로를 변경하여야 한다.

해설

차량신호가 녹색등화 점등 시, 차마는 직진 또는 우회전할 수 있다. 우회전할 때에는 보행 신호등이 없는 횡단보도와 보행 신호등이 있는 횡단보도 모두에서 보행자의 통행을 방해하여서는 안된다. 또한, 비보호좌회전의 지시표지(329)나 노면표시(542)가 설치되어 있는 곳에서는 좌회전할 수 있다. 다만, 비보호좌회전 지시표지 및 노면표시의 지시에 따라 비보호좌회전 차량은 다른 교통을 방해하여서는 안된다.

차량신호가 황색등화 점등 시, 녹색의 등화의 끝을 경고하거나 곧 적색등화가 들어온다는 예고로서, 일종의 주의신호이다. 이 경우 직진하는 차마는 정지선이나 횡단보도가 있을 때에는 그 직전이나 교차로 직전에 정지하여야 하며, 이미 교차로에 진입하고 있는 경우에는 신속하게 그 지역을 벗어나야 한다. 우회전하려는 차마는 보행자의 횡단을 방해하지 않는 범위 내에서 우회전할 수 있다.

차량신호가 적색등화 점등 시, 진행하는 차마는 정지선이나 횡단보도가 있을 때에는 그 직전이나

교차로 직전에서 정지하여야 한다. 우회전하려는 경우에는 정지선, 횡단보도 및 교차로의 직전에서 정지한 후 신호에 따라 진행하는 다른 차마의 교통을 방해받지 않는 때에 우회전할 수 있다.

다만, 우회전 삼색등이 설치되어 있는 곳에서 우회전 삼색등이 적색의 등화인 경우에는 우회전 할 수 없다.

적색등화의 점멸 시, 정지선이나 횡단보도가 있을 때에는 그 직전이나 교차로 직전에서 일시정지한 후 다른 교통에 주의하면서 진행할 수 있다.

황색등화의 점멸 시에는 위험 등을 경고하는 것으로 차마는 다른 교통에 주의하면서 진행할 수 있다. 주도로와 부도로가 구분되어 있는 교차로 등에서 신호 등화가 점멸로 운영될 때, 황색등화의 점멸은 주도로에, 적색등화의 점멸은 부도로에 사용하며, 이 경우 황색등화의 점멸은 적색등화의 점멸보다 통행의 우선권을 인정하는 것이다.

가변차로로 운영하고 있는 구간에서는 적색 「×」 표 표시가 있는 차로로 진입할 수 없고, 녹색화살표 등화가 하향으로 되어 있을 경우에는 이 화살표 등화로 지정한 차로로 진행할 수 있다. 적색 「×」 표 표시의 등화가 점멸하고 있을 경우에는 「×」 표 표시가 있는 차로로 진입할 수 없고, 이미 진입한 경우에는 신속히 그 차로 밖으로 진로를 변경하여야 한다.

1.1. 자전거 신호등

자전거 신호등은 주행신호등과 횡단신호등으로 나뉘며, 표시하는 신호의 종류 및 의미는 다음과 같다.

기 준

표 1-5 자전거 신호등 종류 및 신호의 뜻

신호의 종류		신호의 뜻
자전거 주행 신호등	녹색의 등화	자전거등은 직진 또는 우회전할 수 있다.
	황색의 등화	1. 자전거등은 정지선이 있거나 횡단보도가 있을 때에는 그 직전이나 교차로의 직전에 정지해야 하며, 이미 교차로에 차마의 일부라도 진입한 경우에는 신속히 교차로 밖으로 진행해야 한다. 2. 자전거등은 우회전할 수 있고 우회전하는 경우에는 보행자의 횡단을 방해하지 못한다.
	적색의 등화	1. 자전거등은 정지선, 횡단보도 및 교차로의 직전에서 정지해야 한다. 2. 자전거등은 우회전하려는 경우 정지선, 횡단보도 및 교차로의 직전에서 정지한 후 신호에 따라 진행하는 다른 차마의 교통을 방해하지 않고 우회전할 수 있다. 3. 제2호에도 불구하고 자전거등은 우회전 삼색등이 적색의 등화인 경우 우회전할 수 없다.
	황색 등화의 점멸	자전거등은 다른 교통 또는 안전표지의 표시에 주의하면서 진행할 수 있다.
	적색 등화의 점멸	자전거등은 정지선이나 횡단보도가 있을 때에는 그 직전이나 교차로의 직전에 일시정지한 후 다른 교통에 주의하면서 진행할 수 있다.
자전거 횡단 신호등	녹색의 등화	자전거등은 자전거횡단도를 횡단할 수 있다.
	녹색 등화의 점멸	자전거등은 횡단을 시작해서는 안 되고, 횡단하고 있는 자전거등은 신속하게 횡단을 종료하거나 그 횡단을 중지하고 진행하던 차도 또는 자전거도로로 되돌아와야 한다.
	적색의 등화	자전거등은 자전거횡단도를 횡단해서는 안 된다.

해설

자전거등을 주행하는 경우, 자전거 주행신호등이 설치되지 않은 장소에서는 차량 신호등의 지시에 따라야 하며 자전거 횡단도에 자전거 횡단신호등이 설치되지 않은 경우, 자전거등은 보행 신호등의 지시에 따르며 이 경우, 보행 신호등란의 “보행자”는 “자전거등”으로 본다.

1.2. 버스 신호등

버스 신호등이 표시하는 신호의 종류 및 의미는 다음과 같다.

기준

- 녹색의 등화 : 버스전용차로에 차마는 직진할 수 있다.
- 황색의 등화 : 버스전용차로에 있는 차마는 정지선이 있거나 횡단보도가 있을 때에는 그 직전이나 교차로의 직전에 정지하여야 하며, 이미 교차로에 차마의 일부라도 진입한 경우에는 신속히 교차로 밖으로 진행하여야 한다.
- 적색의 등화 : 버스전용차로에 있는 차마는 정지선, 횡단보도 및 교차로의 직전에서 정지하여야 한다.
- 황색등화의 점멸 : 버스전용차로에 있는 차마는 다른 교통 또는 안전표지의 표시에 주의하면서 진행할 수 있다.
- 적색등화의 점멸 : 버스전용차로에 있는 차마는 정지선이나 횡단보도가 있을 때에는 그 직전이나 교차로의 직전에 일시정지한 후 다른 교통에 주의하면서 진행할 수 있다.

1.3. 노면전차 신호등

노면전차 신호등이 표시하는 신호의 종류 및 의미는 다음과 같다.

기준

표 1-6 노면전차 신호등 종류 및 신호의 뜻

신호의 종류	신호의 뜻
황색 T자형의 등화	노면전차가 직진 또는 좌회전·우회전할 수 있는 등화가 점등될 예정이다.
황색 T자형 등화의 점멸	노면전차가 직진 또는 좌회전·우회전할 수 있는 등화의 점등이 임박하였다.
백색 가로 막대형의 등화	노면전차는 정지선, 횡단보도 및 교차로의 직전에서 정지해야 한다.
백색 가로 막대형 등화의 점멸	노면전차는 정지선이나 횡단보도가 있는 경우에는 그 직전이나 교차로의 직전에 일시정지한 후 다른 교통에 주의하면서 진행할 수 있다.
백색 점형의 등화	노면전차는 정지선이 있거나 횡단보도가 있는 경우에는 그 직전이나 교차로의 직전에 정지해야 하며, 이미 교차로에 노면전차의 일부가 진입한 경우에는 신속하게 교차로 밖으로 진행해야 한다.

신호의 종류	신호의 뜻
백색 점형 등화의 점멸	노면전차는 다른 교통 또는 안전표지의 표시에 주의하면서 진행할 수 있다.
백색 세로 막대형의 등화	노면전차는 직진할 수 있다.
백색 사선 막대형의 등화	노면전차는 백색사선막대의 기울어진 방향으로 좌회전 또는 우회전할 수 있다.

2. 보행 신호등

보행 신호등이 표시하는 신호의 종류와 의미는 다음과 같다.

기준

- 녹색의 등화
 - 보행자는 횡단보도를 횡단할 수 있다.
- 녹색등화의 점멸
 - 보행자는 횡단을 시작하여서는 아니 되고, 횡단하고 있는 보행자는 신속하게 횡단을 완료하거나 그 횡단을 중지하고 보도로 되돌아와야 한다.
- 적색의 등화
 - 보행자는 횡단보도를 횡단하면 아니 된다.

해설

보행자 신호 녹색의 등화시 보행자는 표시된 횡단보도 내에서 도로를 횡단할 수 있다. 녹색등화가 점멸하고 있을 경우에 보행자는 횡단을 시작하여서는 안되고, 횡단보도를 횡단하고 있는 보행자는 신속하게 완료해야 한다. 적색의 등화시 보행자는 횡단보도를 횡단하여서는 안되며, 다음 보행자신호를 기다려야 한다.

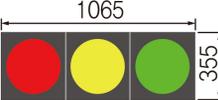
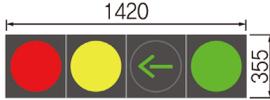
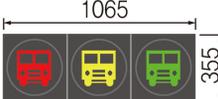
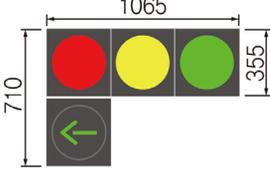
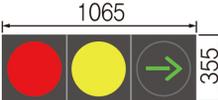
제6절 신호등의 종류, 만드는 방식 및 설치·관리기준

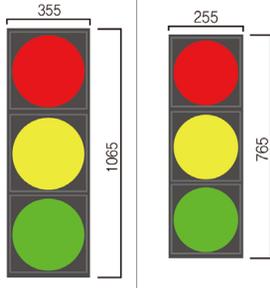
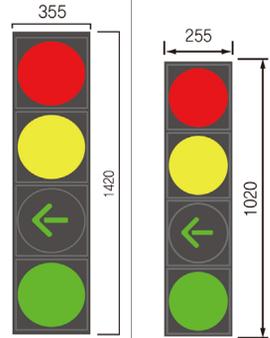
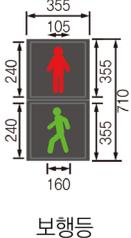
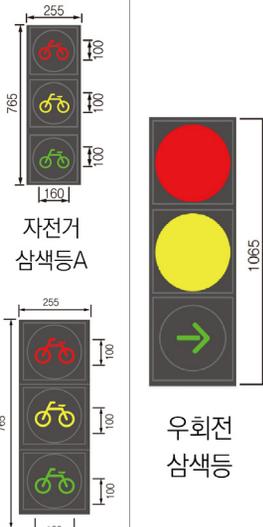
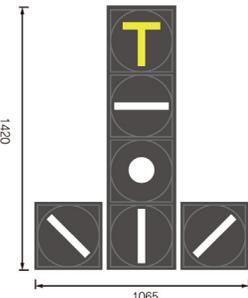
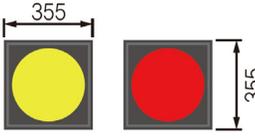
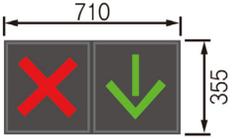
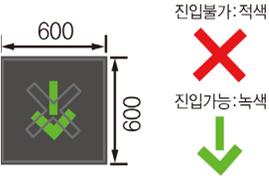
신호등은 차량 신호등, 보행 신호등 및 차량보조등으로 구분하며, 이 중 차량 신호등과 차량보조등을 차량 신호등이라고 한다. 차량 신호등은 배열, 렌즈개수 및 용도에 따라 가로형이색등, 가로형삼색등, 가로형사색등, 세로형삼색등, 세로형사색등, 가변등, 경보형 경보등이 있다. 버스 신호등은 중앙버스전용차로가 운영되는 구간에, 노면전차 신호등은 노면전차 전용도로 또는 전용차로가 운영되는 구간에 설치한다.

기준

- 차량 신호등은 배열형태에 따라 가로형, 세로형으로 구분된다.
- 차량 신호등의 등 수에 따라 이색, 삼색, 사색등으로 구분된다.
- 자전거 신호등은 세로형이색등 또는 세로형삼색등, 버스 신호등은 버스삼색등, 노면전차 신호등은 세로형육구등으로 구성한다.
- 자전거 신호등을 이색등으로 구성할 때는 황색을 제외하며, 소거시간에 황색 대신 녹색을 점멸할 수 있도록 구성한다.
- 보행자신호등은 이색등으로 구성하며 세로형식으로 설치한다.
- 기타 용도로 사용하는 신호등의 종류에는 경보형 경보등 및 가로형이색등, 가변등으로 구성한다.
- 차량보조등의 종류에는 세로형삼색등과 세로형사색등이 있다.
- 신호등의 만드는 방식은 <표 1-7>과 같다.

표 1-7 신호등의 만드는 방식

등수 형태	이색등	삼색등	사색등
가로형		 <p>가로형삼색등</p>	 <p>가로형사색등 A</p>
		 <p>버스삼색등</p>	 <p>가로형사색등 B</p>
		 <p>우회전 삼색등</p>	

등수 형태	이색등	삼색등	사색등
		 <p>세로형 삼색등 (차량보조등)</p>	 <p>세로형 사색등 (차량보조등)</p>
세로형	 <p>보행등</p>  <p>자전거 이색등A 자전거 이색등B</p>	 <p>자전거 삼색등A 자전거 삼색등B</p> <p>우회전 삼색등</p>	 <p>노면전차 육구등</p>
기타	경보형 경보등	가로형 이색등	가변등
			 <p>진입불가: 적색 진입가능: 녹색</p>

해설

신호등 설치방법은 현수식(매달식), 옆기둥식, 중앙주식 및 문형식으로 나눌 수 있으며, 옆기둥식은 다시 세로형과 가로형으로 구분된다. 설치방법의 선정은 도로 및 교통여건에 대한 공학적 판단에 따라야 한다.

신호등 설치높이는 운전자의 시각특성, 차량 높이, 교차로 횡단 거리, 건축 한계 등을 고려하여 결정한다. 신호등은 도로를 이용하는 차량의 높이보다 높아야 하며, 이 높이는 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙에서 규정한 통과높이인 4.5m를 기준으로 삼는다.

따라서 신호등 높이는 도로면에서부터 4.5m보다 높아야 하며 운전자의 시각특성, 노면 덧씌우기 등에 대한 여유폭 등을 고려하여 5m 이내로 설치하는 것이 적합하며, 보도 및 교통섬에 설치 시 높이를 조정할 수 있다.

제7절 신호등의 등화배열순서 및 등화순서

1. 신호등의 등화배열순서

기준

- 신호등의 등화배열 순서는 도로교통법 시행규칙 별표 4를 따른다.
- 신호등은 가로형 또는 세로형으로 배열하며, 그 순서는 <표 1-8>과 같다.
- 보행 신호등은 세로형으로 배열하며, 배열순서는 위로부터 적색, 녹색의 순서로 한다.

표 1-8 신호등의 등화의 배열순서(도로교통법 시행규칙 [별표 4] 제7조제2항 관련)

신호등	배열	가로형 신호등	세로형 신호등
적색·황색·녹색화살표·녹색의 사색 등화로 표시되는 신호등		<ul style="list-style-type: none"> • 좌로부터 적색·황색·녹색화살표·녹색의 순서로 한다. • 좌로부터 적색·황색·녹색의 순서로 하고, 적색등화 아래에 녹색화살표 등화를 배열한다. 	위로부터 적색·황색·녹색화살표·녹색의 순서로 한다.
적색·황색 및 녹색(녹색화살표)의 삼색등화로 표시되는 신호등		좌로부터 적색·황색·녹색(녹색화살표)의 순서로 한다.	위로부터 적색·황색·녹색(녹색화살표)의 순서로 한다.
적색화살표·황색화살표 및 녹색화살표의 삼색등화로 표시되는 신호등		좌로부터 적색화살표·황색화살표·녹색화살표의 순서로 한다.	위로부터 적색화살표·황색화살표·녹색화살표의 순서로 한다.
적색X표 및 녹색하향화살표의 이색 등화로 표시되는 신호등		좌로부터 적색X표·녹색하향화살표의 순서로 한다.	

신호등 \ 배열	가로형 신호등	세로형 신호등
적색 및 녹색의 이색등화로 표시되는 신호등		위로부터 적색·녹색의 순서로 한다.
황색T자형·백색가로막대형·백색점형·백색세로막대형·백색사선막대형의 등화로 표시되는 신호등		위로부터 황색T자형·백색가로막대형·백색점형·백색세로막대형의 순서로 배열하며, 필요시 백색세로막대형의 좌우측에 백색사선막대형을 배열한다.

해설

신호등의 등화배열 순서는 도로교통법 시행규칙 별표 4를 따른다. 다만, 적색·황색·녹색 화살표·녹색의 사색등화로 표시되는 신호등의 경우, 교차로 기하구조로 인해서 직진의 방향을 녹색으로 표현하기 어려운 경우 녹색을 녹색화살표로 표시할 수 있다.

1개의 신호등두에서 렌즈의 개수는 4개를 초과하여서는 아니된다. 일반적으로 각 신호등면은 최소 3개의 렌즈를 사용하나, 이색등과 보행 신호등 및 가변등은 2개의 렌즈를, 경보형 경보등은 1~2개의 렌즈를 사용할 수 있다. 차량 신호등은 300mm 렌즈를 사용하고 차량보조등은 200mm 렌즈를 사용하여 주신호등인 차량 신호등과 구분이 되도록 하여야 한다. 신호등면이 가로형인 경우에는 적색렌즈를 가장 왼쪽에, 세로형인 경우에는 가장 위쪽에 설치한다. 황색렌즈는 적색렌즈 다음에 위치하도록 설치한다. 가로형 이색등은 왼쪽부터 적색×표, 녹색화살표(하향)의 순서로 가로형으로만 설치하며 세로형은 설치할 수 없다.

2. 신호등의 신호순서

기준

- 신호등의 신호순서는 도로교통법 시행규칙 별표 5를 따른다.
- 사색등화(적색·황색·녹색화살표·녹색), 삼색등화(적색·황색·녹색(녹색화살표))로 표시되는 신호등의 신호순서는 녹색(적색 및 녹색화살표)→황색→적색을 원칙으로 하며, 어떠한 경우에도 적색 다음으로 황색이 등화되어서는 아니된다.
- 이색등화(적색 및 녹색)로 표시되는 신호등의 등화순서는 녹색→녹색의 점멸→적색의 순서로 한다.

표 1-9 신호등의 신호순서(도로교통법 시행규칙 [별표 5] 제7조제2항 관련)

신호등	신호 순서
적색·황색·녹색화살표·녹색의 사색등화로 표시되는 신호등	녹색등화·황색등화·적색 및 녹색화살표등화·적색 및 황색등화·적색등화의 순서로 한다.
적색·황색·녹색(녹색화살표)의 삼색등화로 표시되는 신호등	녹색(적색 및 녹색화살표)등화·황색등화·적색등화의 순서로 한다.
적색화살표·황색화살표·녹색화살표의 삼색등화로 표시되는 신호등	녹색화살표등화·황색화살표등화·적색화살표등화의 순서로 한다.
적색 및 녹색의 이색등화로 표시되는 신호등	녹색등화·녹색등화의 점멸·적색등화의 순서로 한다.
황색T자형·백색가로막대형·백색점형·백색세로막대형의 등화로 표시되는 신호등	백색세로막대형등화·백색점형등화·백색가로막대형등화·백색가로막대형 및 황색T자형등화·백색가로막대형등화 및 황색T자형등화의 점멸의 순서로 한다.
황색T자형·백색가로막대형·백색점형·백색세로막대형·백색사선막대형의 등화로 표시되는 신호등	백색세로막대형등화 또는 백색사선막대형등화·백색점형등화·백색가로막대형등화·백색가로막대형등화 및 황색T자형등화·백색가로막대형등화 및 황색T자형등화의 점멸의 순서로 한다.

비고) 교차로와 교통 여건을 고려하여 특별히 필요하다고 인정되는 장소에서는 신호의 순서를 달리하거나 녹색화살표 및 녹색등화를 동시에 표시하거나, 적색 및 녹색화살표 등화를 동시에 표시하지 않을 수 있다.

해설

신호등의 신호순서는 「녹색→황색→적색」을 원칙으로 하며 차량의 진행을 우선 고려, 차량이 진행하고 있는 신호에서 다음 신호로 바뀔 때는 황색을 점등한다.

점멸로 운영 중인 신호등이 정상신호를 개시할 때에는 적색이나 녹색부터 시작하여야 하며 황색으로 시작되어서는 안된다.

고장이나 서로 상충되는 신호 상태가 검지되었을 때에는 적색 점멸로 운영한다.

권 장

- 소등 중인 신호등이 정상 신호를 개시하거나 정상 운영 중인 신호등이 소등상태로 전환될 때에는 점멸신호를 일정시간 표출한 후 정상신호 또는 소등하는 것을 권장한다.

3. 신호등화의 적용

권 장

- 적색등화는 교차로나 통제지역으로 차마의 진입을 금지하려고 할 때 적색 단독으로 점등하고, 직진(진입)을 금지하고 좌회전을 허용할 경우 적색과 녹색화살표의 동시등화 신호를 사용해야 한다.
- 황색등화는 녹색 다음에 점등하며, 적색에서 녹색으로 바뀔 때는 점등되어서는 아니된다.
- 녹색등화는 직진을 허용하는 경우(녹색) 또는 좌회전과 직진을 동시허용(녹색화살표 및 녹색)할 때 점등해야 한다.
- 녹색화살표 신호는 화살표 방향으로 진행을 허용할 때(적색 및 녹색화살표) 또는 직진과 동시에 허용할 때(녹색화살표 및 녹색) 점등해야 한다. 다만, 화살표 방향으로 진행을 허용하더라도 우회전 삼색등의 경우에는 적색 및 녹색화살표를 동시에 점등하지 않는다.

해설

적색신호는 교차로나 교통통제지역으로 차마의 진입을 금지시키려고 할 경우에는 적색 단독으로 점등하고, 직진(진입)을 금지하고 좌회전을 허용할 경우에는 적색과 녹색화살표의 등화를 동시에 점등한다.

황색신호는 다음과 같은 경우에 적용한다.

- 좌회전 다음 직진만으로 바꾸는 중간
(적색 및 녹색화살표→황색→녹색)
- 직진 다음 전방향 금지가 올 때의 중간
(녹색→황색→적색)
- 좌회전 및 직진 다음 전방향 금지의 중간
(녹색화살표 및 녹색→황색→적색)
- 좌회전 및 직진 다음 녹색신호만 올 때의 중간
(녹색화살표 및 녹색→황색 및 녹색→녹색)
- 좌회전 다음 전방향 금지의 중간
(적색 및 녹색화살표→적색 및 황색→적색)

녹색신호는 직진을 허용하는 경우에는 녹색만 점등하고 좌회전과 직진을 동시허용할 경우에는 녹색화살표 및 녹색의 등화를 동시에 점등한다. 녹색화살표 신호는 적색 및 황색신호에 관계없이 화살표 방향으로 진행을 허용(적색 및 녹색화살표 등화)하거나 직진과 동시에 허용(녹색화살표 및 녹색 등화)할 경우에 적용한다. 다만, 우회전 삼색등의 경우에는 적색 및 녹색화살표를 동시에 점등하지 않는다.

4. 신호등화의 금지

권 장

- 한 접근로에 대하여 2색등 및 3색등 신호인 경우 2색등화, 4색등 신호인 경우 3색등화가 동시에 표시되어서는 아니 된다.
- 어떠한 경우에도 적색 다음에 황색이 표시되거나 또는 적색 다음에 적색과 황색이 동시에 표시되어서는 아니 된다.

해설

신호등이 정상적으로 운용(점멸등 제외)될 경우에는 모든 진입로에 대하여 항상 1개 이상의 등화를 표시하여야 하며, 신호등화는 운전자가 명확히 이해할 수 있도록 지시되어야 한다. 따라서 2색등 및 3색등의 경우 2색등화(적색 및 녹색화살표 등화 예외), 4색등 신호인 경우 3색등화가 동시에 표시되어 운전자를 혼란스럽게 만들어서는 안된다. 또한 적색 다음에 황색이 표시되거나 또는 적색 다음에 적색과 황색이 동시에 점등되는 것은 신호변경 예측을 가능하게 하여 사전출발 등으로 인한 사고의 위험이 있으므로 「적색 다음의 황색」 또는 「적색 다음에 적색과 황색의 동시 신호」는 어떠한 경우에도 표시되어서는 안된다.

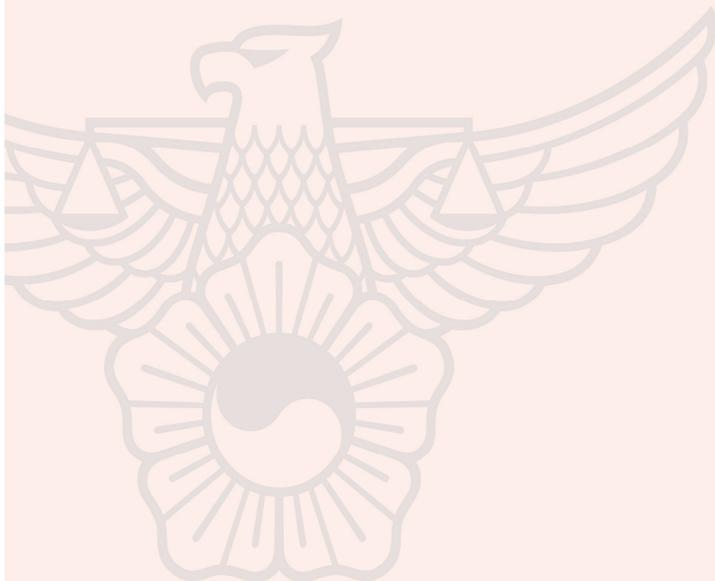
제2장

신호기 설치기준

제1절 차량신호기 설치기준

제2절 보행자신호기 설치기준

제3절 우회전 삼색등 설치기준





교통신호는 교대로 통행권을 부여하기 때문에 상당한 지체를 유발시킨다. 따라서 신호기 설치의 타당성을 가져야 한다. 설치 타당성의 기준에 부합하면 신호기를 설치하는 것이 효율적이고, 반대로 부합하지 않으면 비효율적이라는 것이므로, 기준에 명시된 어떤 수준에 도달하지 않으면 신호기를 설치하는데 있어 도로 및 교통여건 등을 신중히 검토하여야 하며, 설치한 경우에는 신호운영을 효율적으로 하는 방안을 검토하여야 한다.

제1절 차량신호기 설치기준

기 준

○ 기준 1 (차량 교통량)

평일의 교통량이 <표 2-1>의 기준을 초과하는 시간이 모두 8시간 이상일 때 신호기를 설치해야 한다. 이 때 연속적인 8시간이 아니어도 상관없다. 또 부도로의 교통량은 주도로와 같은 시간대의 것이어야 한다.

표 2-1 8시간 교통량

접근차로수		주도로교통량(양방향) (대/시간)	부도로교통량 (교통량이 많은 쪽) (대/시간)
주 도로	부 도로		
1	1	500	150
2 이상	1	600	150
2 이상	2 이상	600	200
1	2 이상	500	200

○ 기준 2 (보행자 교통량)

평일의 교통량이 <표 2-2>의 기준을 모두 초과할 때 신호기를 설치해야 한다.

표 2-2 최소차량교통량 및 보행자 교통량

차량교통량 (8시간, 양방향 : 대/시간)	횡단보행자 (1시간, 양방향, 자전거 포함 : 명/시간)
600대	150명

○ 기준 3 (통학로)

어린이보호구역 내 초등학교 또는 유치원의 주출입문에서 300미터 이내에 신호등이 없고 자동차 통행시간 간격이 1분이내인 경우에 설치하며, 기타의 경우 주출입문과 가장 가까운 거리에 위치한 횡단보도에 설치한다.

○ 기준 4 (교통사고기록)

신호기 설치예정 장소로부터 50m 이내의 구간에서 교통사고가 연간 5회 이상 발생하여 신호등의 설치로 사고를 방지할 수 있다고 인정되는 경우에 신호기를 설치해야 한다.

○ 기준 5 (비보호좌회전)

대향직진교통량과 좌회전교통량이 차로별로 <표 2-3>보다 많을 때에는 보호좌회전, 적을 때에는 비보호좌회전으로 운영할 수 있다.

- 제2편 제1장 [그림 1-12] 비보호/보호 좌회전 선택과정을 참고하며 모든 과정을 만족할 경우 비보호좌회전이 가능하다.
- 교통사고 건수 : 좌회전 사고가 연간 4건 이하일 때 설치
 - 4건/년보다 클 경우는 보호좌회전, 작을 경우에는 비보호좌회전
- 교통량 기준
 - 첨두시간 좌회전 교통량은 90대/h 미만
 - 대향 직진교통량과 좌회전 교통량의 곱이 첨두시간에 직진 차로당 50,000대/시간 까지로 한다. 즉 1차로의 경우는 50,000대/시간, 2차로의 경우는 100,000대/시간 그리고 3차로의 경우는 150,000대/시간으로 한다.

표 2-3 차로수별 교통량 기준

차로수	대향직진 교통량 × 좌회전 교통량	좌회전 교통량
1차로	50,000대/시간	최대 90대/시간
2차로	100,000대/시간	
3차로	150,000대/시간	

권 장

- 비보호좌회전 설치시 권장 사항은 다음과 같다.
 - 대향 차로수 제한 : 3차로(직진) 이하의 도로
 - 별도의 비보호좌회전 차로 설치
 - 시계 확보 : 속도에 따라 충분한 시계 확보

제2절 보행자신호기 설치기준

기 준

- 보행자신호기는 다음의 조건을 만족할 때 설치한다.
 - 차량신호기가 설치된 교차로의 횡단보도로서 1일중 횡단보도의 통행량이 가장 많은 1시간 동안의 횡단보행자가 150명을 넘는 곳
 - 번화가의 교차로, 역앞 등의 횡단보도로서 보행자의 통행이 빈번한 곳
 - 차량신호만으로는 보행자에게 언제 통행권이 있는지 분별하기 어려울 경우
 - 차도의 폭이 16미터 이상인 교차로 또는 횡단보도에서 차량신호가 변하더라도 보행자가 차도 내에 남을 때가 많은 경우
 - 어린이 보호구역 등 내 초등학교 또는 유치원 등의 주 출입문과 가장 가까운 거리에 위치한 횡단보도

해설

보행자신호기는 보행자의 도로 횡단이 필요한 곳에 설치한다. 보행자 수가 적거나 일정 시간대에만 보행자가 횡단하는 경우에는 보행자 작동신호기 또는 보행자 자동인식 신호기를 설치할 수 있다. 보행자신호기 설치 시 또는 설치된 지점에 시각장애인용 음향신호기, 보행 신호등 보조장치(잔여시간 표시장치, 바닥형 보행신호등 등)를 설치할 수 있으며, 설치기준 등에 관한 상세사항은 별도의 표준규격 또는 설치지침을 참고한다.

※ 자세한 사항은 「교통신호기 관리 업무편람 ②」의 해당 장치 표준규격 또는 설치지침 참고

- 1) 보행신호 잔여시간 표시장치 : 보행자에게 남은 보행시간을 알려주는 보조장치
- 2) 보행신호 음성안내 보조장치 : 보행자에게 보행 신호 등을 음성으로 알려주는 보조장치
- 3) 시각장애인용 음향신호기 : 시각장애인을 위해 음성으로 보행 신호를 안내하는 보조장치
- 4) 보행자 작동신호기 : 보행자 버튼이 작동된 경우에만 신호를 부여하는 보조장치
- 5) 보행자 자동인식 신호기 : 횡단보도 대기자를 자동으로 인식하여 보행 신호를 부여하는 보조장치
- 6) 바닥형 보행신호등 보조장치 : 보행 신호 대기공간의 바닥에 보행 신호를 표출하는 보조장치

제3절 우회전 삼색등 설치기준

기 준

- 우회전 삼색등은 다음의 조건을 만족할 때 설치한다.
 - 보행자와 우회전 차량 간의 상충이 빈번한 경우 설치할 수 있다.
 - 동일 장소에서 1년 동안 3건 이상의 우회전 차량에 의한 사고가 발생한 경우 설치할 수 있다.
 - 대각선 횡단보도가 운영되는 경우나 좌측에서 접근하는 차량에 대한 확인이 어려운 경우 설치할 수 있다.
 - 도로의 우측면에 차량의 진행 방향에서 잘 보이도록 설치한다.

권 장

- 반드시 우회전 전용차로가 있는 경우 설치하도록 한다.
- 우회전 전용차로의 길이는 신호 한 주기 동안 통행이 가능한 우회전 차량을 수용할 수 있는 길이 이상이어야 한다.

해설

우회전 삼색등은 우회전 차량과 보행자의 상충을 제한하는 목적으로 설치되므로 우회전 교통량이 많고 보행 교통량이 많은 곳에 설치해야 한다. 또한 기하구조상의 문제로 우회전 차량의 시거 확보가 어려운 경우 설치하도록 한다.

직진·우회전 공용차로에 설치할 경우 우회전 대기차량으로 인해 신호를 따르는 다른 차량의 진행을 방해하여 신호 효율을 저해하고, 지정체 유발 가능성이 있으므로 우회전 삼색등은 반드시 우회전 전용차로가 있는 경우 설치하도록 한다.

제3장

신호기 설치장소

제1절 신호기 설치장소





◎ 제1절 신호기 설치장소

1. 차량신호기 설치장소

1.1. 신호기 설치위치에 관한 기본 원칙

1.1.1. 신호지시의 적절성

권 장

- 신호등은 교차로 및 그 밖의 도로에 설치하되, 차량의 진행방향에서 잘 보이도록 설치하여야 한다.
- 최대한 정지위치에 가깝게 설치하여 운전자가 계속적으로 정지해야 할 지점을 볼 수 있도록 설치하여야 한다.

해설

신호등은 진행·정지·방향전환·주의 등의 신호를 표시함으로써 방향별 교통류에 우선권을 할당하는 기능을 한다. 그러므로 접근로상의 모든 차량 운전자에게 잘 보이도록 설치하여야 하며, 계속적으로 보이게 설치되어야 한다.

또한, 신호등은 접근로상의 교통을 통제하므로 혼란을 주지 않도록 설치하여야 한다. 신호등의 설치장소는 적절한 시계 내에서 적색등화를 보는 운전자들이 정지선을 분명히 확인할 수 있는 위치에 신호등을 설치함으로써 운전자의 혼란을 최소화해야 한다.

1.1.2. 시인성

권 장

- 신호등은 차량의 진행방향에서 잘 보이도록 설치하여야 한다.
- 신호등은 도로와 교통여건에 대한 공학적 판단에 근거하여 적절한 시계 내에서 계속 시인할 수 있는 위치에 설치하여야 한다.
- 교차로 접근차량이 신호등을 인지하고 정지선에 정지하기까지 최소거리가 확보되어야 하므로 다음 수식에서 산출된 <표 3-1>의 값 이상으로 하는 것이 바람직하다.

$$S = vt + \frac{v^2}{2a}$$

S : 최소거리(m), v : 설계속도(km/h)
 a : 감속도(m/s²), t : 반응시간(s)

표 3-1 설계속도에 따른 신호교차로 최소거리

설계속도 (km/h)	최소거리(m)		비고 (정지거리)
	지방지역 (t=10, α=2.0)	도시지역 (t=6, α=3.0)	
20	65	45	20
30	100	65	30
40	145	90	45
50	190	120	60
60	240	150	80
70	290	180	100
80	350	220	120

※ 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설」의 평면교차로의 시거

- 신호등면은 진행방향으로부터 상하 15°, 좌우 각 20° 범위 내에 있어야 한다.
- 교차로 폭, 대형차 혼입율 등 현장 여건을 고려하여 교차로 건너편에 신호등을 추가로 설치할 수 있다.

도로 이용자가 신호지시에 따라 명확하고 신속하게 이행하기 위해서는 모든 이용자가 볼 수 있는 위치에서 편안하게 볼 수 있는 지점과 높이에 설치되어야 한다. 이를 위해서는 시각적으로 고개를 돌리거나 올리지 않고 좌우, 상하의 편안한 각도에서 볼 수 있도록 제공되어야 한다.

신호등은 운전자에게 혼란을 주지 않도록 설치하여야 하며 이를 위해서는 신호기 지주나 가로부착대에 신호지시와 관련 없는 시각적인 정보는 설치하지 않는 것이 좋다.

1.1.3. 안전성

권 장

- 진행방향의 교통상황과 신호지시를 동시에 볼 수 있도록 고려한다.

해설

신호등은 운전자가 교차로 내 혹은 횡단보도 내의 보행자 및 다른 교통의 움직임을 보고 적절하게 상황을 판단하고 안전하게 운행할 수 있도록 설치되어야 한다. 또한, 운전자가 진행할 방향을 혼돈하여 다른 방향으로 진입하지 않도록 교차로 건너편의 진출부를 쉽게 찾을 수 있도록 설치되어야 한다.

1.2. 차량신호기의 기능별 분류

- 차량 신호등은 그 기능에 따라 주신호등, 보조신호등으로 구분하며, 그 의미는 다음과 같다.
 - 주신호등(Main traffic signal)은 교차로의 접근부와 교차로 건너편의 진출부의 교통처리에서 가장 중요한 역할을 담당하는 신호등으로, 제1신호등(primary traffic signal)과 제2신호등(secondary traffic signal)으로 나누며 신호등화의 지시내용은 동일하다. 제1신호등은 교차로 접근부에, 제2신호등은 교차로 건너편에 설치한다. 단일로에서는 제1, 2신호등으로 구분하지 않는다.
 - 보조신호등(Supplementary traffic signal)은 시인성이 제약되는 장소 등에서 주 신호등의 역할을 보조해주는 신호등으로 주신호와 함께 표출한다.

1.3. 신호등 렌즈의 크기

기 준

- 신호등의 렌즈는 주신호등은 직경 300mm 렌즈를, 보조신호등은 직경 200mm 렌즈를 사용하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 공학적 판단에 의해 보조신호등의 렌즈 크기는 조정할 수 있다.

1.4. 차량 신호등의 설치 높이

기 준

- 신호등 면의 설치 높이는 옆기둥식의 가로형(내민식), 현수식(매달식), 문형식 등은 신호등 면의 하단이 차도의 노면으로부터 수직으로 450cm 이상의 높이에 위치하는 것을 원칙으로 한다.
- 중앙주식, 옆기둥식의 세로형(기둥식: Post or Pole Mounted)은 보도, 중앙섬 및 중앙분리대의 노면에서 신호등 하단까지의 수직 높이가 250 ~ 350cm에 위치하는 것을 원칙으로 한다.

해설

신호등은 운전자에게 정확하게 신호등의 정보를 제공하여야 하고 신호등이 시각적 정보이기 때문에 운전자가 쉽게 잘 볼 수 있도록 설치하는 것이 중요하다. 따라서 신호등 설치 위치와 높이는 운전자의 시각 특성, 차량높이, 교차로 횡단거리, 건축한계 등을 고려하여 결정되어야 한다.

신호등은 도로를 이용하는 차량의 높이보다 높아야 하며, 이 높이는 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙에서 규정한 통과높이인 450cm를 기준으로 한다. 따라서 신호등 높이는 도로면에 서부터 450cm보다 높아야 하되 운전자의 시각특성, 노면 덧씌우기 등에 대한 여유폭 등을 고려하여야 한다.

세로형 차량신호등을 설치하는 경우, 운전자의 시인성과 보행자의 통행을 고려하여 노면으로부터 신호등 하단까지의 수직높이는 최소 250cm를 기준으로 하며, 상황에 따라 350cm 범위 내에서 높일 수 있다.

1.5. 설치 위치

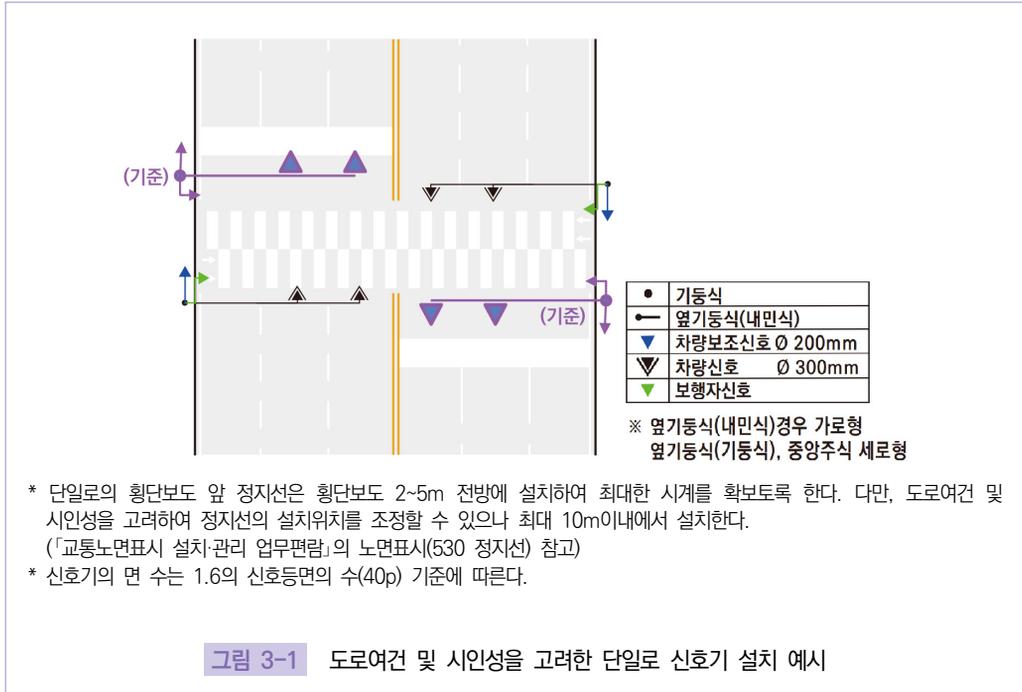
1.5.1. 단일로

기 준

- 단일로 상의 횡단보도에 설치하는 차량 신호등의 주신호등은 정지선과 횡단보도 사이에 설치하며 이때 정지차량 운전자의 양각의 한계를 고려하여 보조신호등을 설치할 수 있다.

권 장

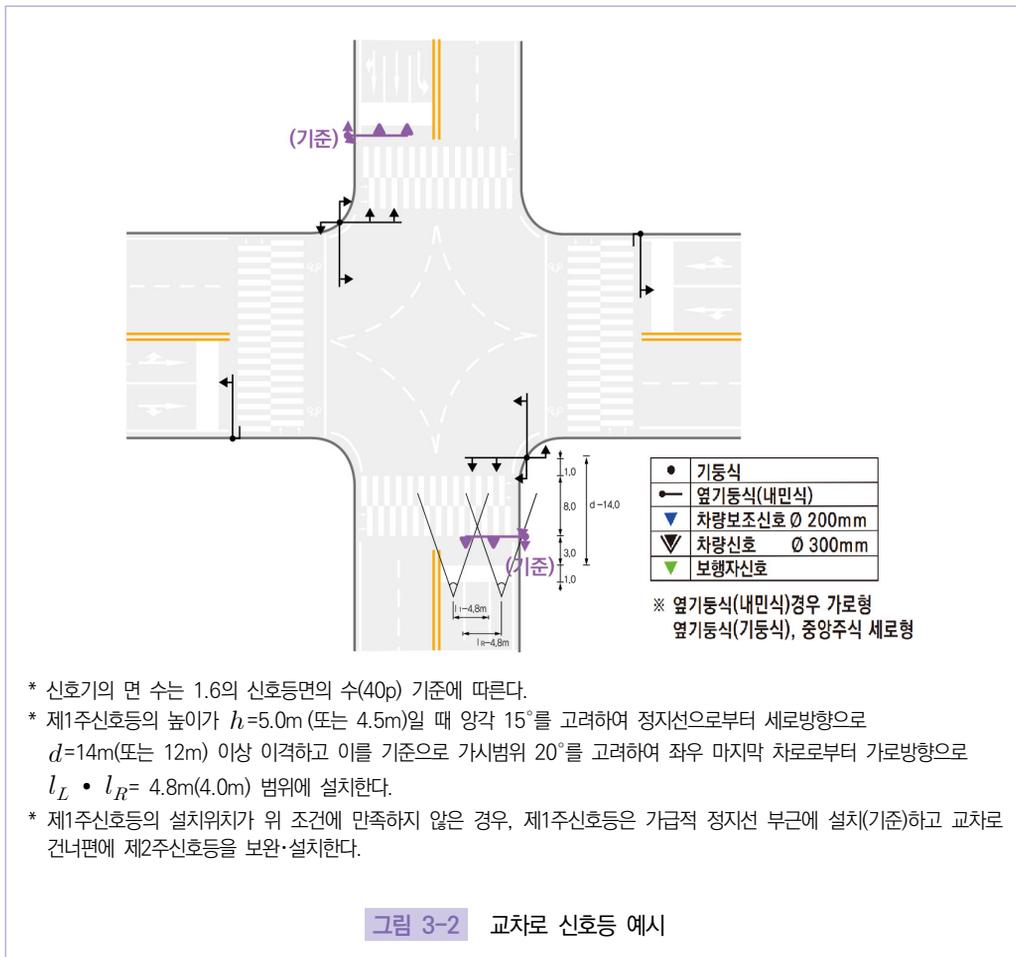
- 차량 신호등의 주신호등은 [그림 3-1]과 같이 정지선과 횡단보도 사이(기준)에 설치하는 것이 원칙이나, 도로여건상 해당 위치에 설치가 어렵거나 운전자의 시인성을 고려하여 횡단보도 건너편에 설치할 수 있다.
- 중앙분리대나 보행섬이 있는 경우 차량 철주를 중앙에 설치할 수 있다.



1.5.2. 교차로

기 준

- 최소한 1개 이상의 신호등면이 운전자의 좌·우, 상·하 시계의 범위 이내에 들어오도록 하여 잘 보이는 위치에 설치하여야 한다.
- 교차로에서 제1주신호등은 교차로 건너기 전에 설치한다.
 - 신호등면 높이를 고려하여 정지선을 기준으로 운전자의 양각 15°, 좌·우 가시범위 20° 이내에 설치한다.
- 제2주신호등은 교차로 건너편에 설치한다.
 - 제1주신호등의 설치위치가 위 조건을 만족하지 못할 경우 제1주신호등은 가급적 정지선 부근에 설치하고 제2주신호등을 보완한다.



권 장

- 중앙분리대, 중앙섬 등 도로 중앙에 신호기 지주를 설치할 공간이 있을 경우, 접근방향의 좌측 공간을 이용한 신호등 지주와 신호등 면의 설치도 가능하다.
- 차량 신호등의 주신호등은 [그림 3-2]와 같이 정지선과 횡단보도 사이(기준)에 설치하는 것이 원칙이나 도로여건상 해당 위치에 설치가 어렵거나 운전자의 시인성을 고려하여 횡단보도 건너편에 설치할 수 있다.

해설

중앙분리대 공간이나 교통섬을 이용한 신호등 설치의 신호등의 시인성을 높이고 미관을 개선하며, 가로수 등으로 인한 시야장애 문제를 줄이기 위한 유용한 대안이다. 중앙분리대 공간을 이용한 신호등 지주 설치의 여러 형태를 취할 수 있다.

1.6. 신호등면의 수

기준

- 교차로에서 주신호등의 신호등면은 <표 3-2>에 따라 설치한다.
 - 교차로의 경우 신호등면의 시인성 확보를 위해 필요시 교차로 건너편에 하나의 신호등면(제2주신호등)을 설치할 수 있다.
 - 접근로가 편도 2차로 이하인 교차로의 경우 원칙적으로 제1주신호등만 설치하되, 필요한 경우 보조신호등 또는 제2주신호등을 설치할 수 있다.

표 3-2 교차로 차량 신호등의 주신호등면(제2주신호등 포함) 수

접근로 차로수 (편도)					
1차로	2차로	3차로	4차로	5차로	6차로 이상
1~2	1~2	2	3	3	3+

- 주1) 횡단보도 전방 정지선 부근에는 주신호등을 설치하고, 정지차량 운전자의 출발신호 시인성 확보를 위해 주신호등 지주 또는 횡단보도 보행 신호등 지주에 보조신호등을 설치할 수 있다. 다만, 차량 신호등의 주신호등은 도로여건 및 정지차량 운전자의 시인성 확보를 위해 횡단보도 건너편에 설치할 수 있다.
- 주2) + : 대형차량 혼입도가 높거나 시계가 불량한 곳에서는 1개 면을 추가할 수 있다.
- 주3) 지장물, 시인장애물 등으로 인해 시계에 장애가 있을 경우에는 공학적 판단에 따라 정해진 주신호등면 수 이외에 보조신호등을 추가 설치할 수 있다.

- 단일로의 경우, 주신호등면의 수는 <표 3-3>과 같다.

표 3-3 단일로 차량 신호등의 주신호등면 수

접근로 차로수 (편도)					
1차로	2차로	3차로	4차로	5차로	6차로 이상
1~2	1~2	2	2*	2	2+

- 주1) 횡단보도 전방 정지선 부근에는 주신호등을 설치하고, 정지차량 운전자의 출발신호 시인성 확보를 위해 주신호등 지주 또는 횡단보도 건너편에 보조신호등을 설치한다. (공통)
- 주2) * : 중앙분리대가 있는 단일로 상에서는 2개 주신호등 중 1개의 주신호등 대신에 보조신호등으로 설치 할 수 있다.
- 주3) + : 대형차량 혼입도가 높거나 시계가 불량한 곳에는 1개 면을 추가할 수 있다.

- 옆기둥식의 가로형(내민식) 혹은 문형식 등에 2개 이상의 신호등면을 설치할 때에는 신호등면의 중앙에서 중앙까지 2.4m 이상 간격을 두어야 한다.
- 신호등(배면등)은 반대방향 차량이 진행방향을 착각할 수 있는 장소에는 설치하여서는 안된다. 다만 교차로 기하구조로 인해 운전자의 시인성 확보를 위해 필요한 경우에만 한하여 신호등(배면등)을 설치할 수 있다.

해설

교차로에 진입하는 동일 교통류를 위한 모든 신호등이 시계범위를 만족할 수는 없다. 그러나 각 차로에 있는 운전자가 최소한 1개 이상의 신호등은 쉽게 볼 수 있도록 시계 범위를 고려하여 설치되어야 한다.

2개의 신호등 면을 옆기동식 가로형의 부착대나 문형식 지주에 설치할 때에는 신호등간 2.4m 이상 떨어지게 설치함으로써 적절한 시계 내에서 계속 시인할 수 있도록 한다.

반대방향의 옆기동식 가로형 차량신호등에 설치하는 배면등은 운전자가 진행해야 하는 방향에 착각을 일으킬 소지가 있는 장소에는 설치하여서는 안 된다. 다만, 교차로 기하구조로 인해 운전자의 시인성 확보를 위해 필요한 경우에 한하여 신호등(배면등)을 설치할 수 있다.

1.7. 곡선 구간 등에서 시계제한이 있는 경우의 처리**기 준**

- 계속해서 신호등을 볼 수 없는 다음과 같은 경우에는 신호기 예고표지(125)와 경보형 경보등을 추가로 설치한다.
 - 학교 앞 300m 이내에 신호등이 없고, 통학시간의 자동차 통행시간 간격이 1분 이내인 경우
 - 다른 신호기가 설치되지 않고 차량 통행이 잦은 횡단보도 또는 교통사고 위험성이 있는 교차로
 - 차량 통행이 빈번한 철길건널목
 - 장애물로 인하여 교통사고 위험성이 있는 도로에 주의표지와 같이 설치
 - 신호기가 급커브·곡선구간에 설치되어 교통사고 위험성이 있는 경우 신호기 예고표지와 같이 설치
 - 도로 곡선부 등에서 시선유도기능으로 사용할 수 없음

해설

전방에 신호등이 있음을 예고하기 위하여 교차로 또는 정지선과 상당한 거리의 전방에 주신호등과 같은 지시내용을 표시하는 예고신호등을 설치할 경우 운전자의 판단착오나, 급제동 또는 서행으로 인한 추돌사고의 위험이 증가될 수 있으므로 설치하여서는 안된다. 이 경우에는 신호기 주의표지와 경보형 경보등을 설치하여 주의를 환기시켜주는 방법을 권장한다.

1.8. 버스 신호등 설치장소

기 준

- 중앙버스전용차로를 진행하는 버스를 위한 전용신호등으로, 중앙차로에서 잘 보이도록 설치하여야 한다.
- 삼색등(녹색, 황색, 적색)으로 구성되며 직진 및 정지만을 허용한다.

해설

도로 중앙에 버스전용차로가 운영되는 구간에 설치되는 버스 신호등은 신호등에 버스 문양을 삽입하여 일반 차로에 설치되는 원형 신호등과 구분을 명확히 한다. 중앙차로를 진행하는 버스의 시인성을 고려하여 중앙정류장시설 등을 활용한 신호등 지주 설치를 권장한다.

1.9. 자전거 신호등 설치장소

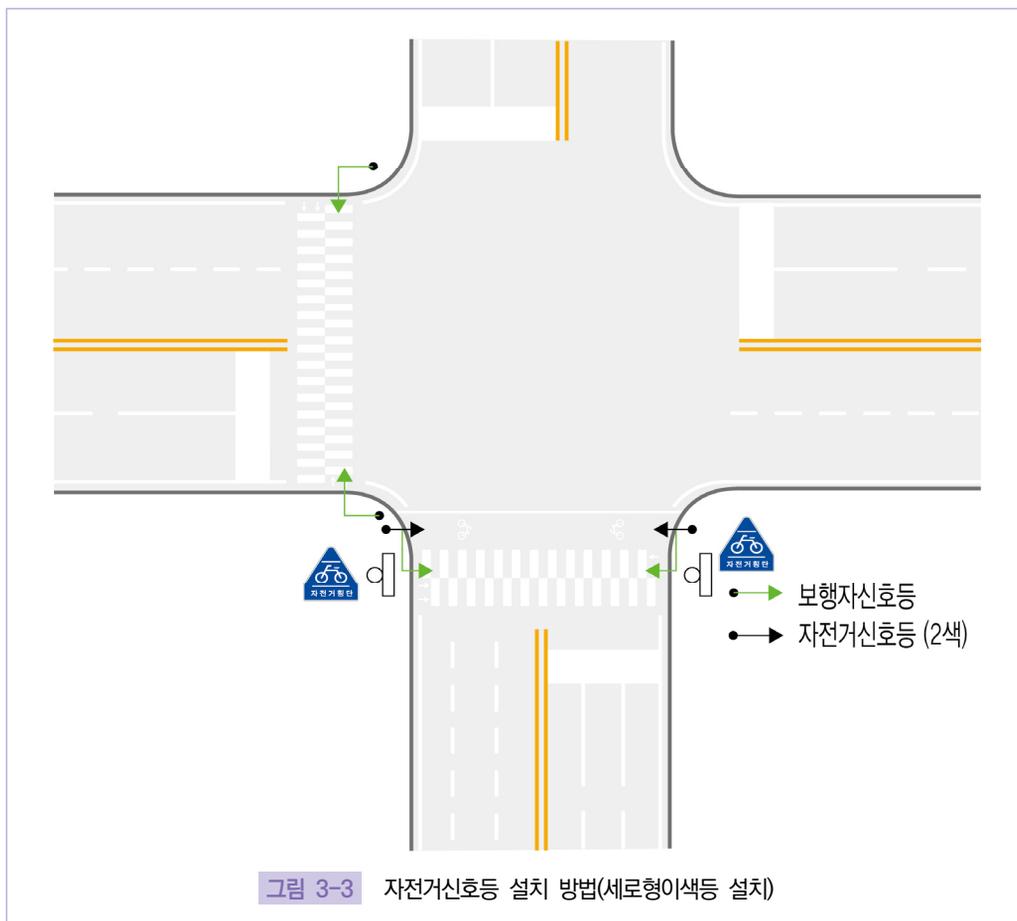
기 준

- 세로형이색등
 - 자전거횡단도에 설치한다.
 - 자전거등의 횡단이 필요하다고 인정되는 지점에 자전거횡단도와 함께 설치한다.
 - 자전거도로에서 교통 소통 및 안전상 삼색등 설치가 어려운 경우 인접 횡단보도에 자전거 횡단도와 함께 설치한다.
 - A형 신호등 사용을 원칙으로 하되, 횡단보도의 횡단거리가 길어 이용자의 시인성 향상이 요구되는 등 그 밖에 필요하다고 판단되는 경우 B형 신호등을 사용한다.
- 세로형삼색등
 - 자전거도로에 설치한다.
 - A형 신호등 사용을 원칙으로 하되, 교차로의 횡단거리가 길어 운전자의 시인성 향상이 요구되는 등 그 밖에 필요하다고 판단될 경우 B형 신호등을 사용한다.

해설

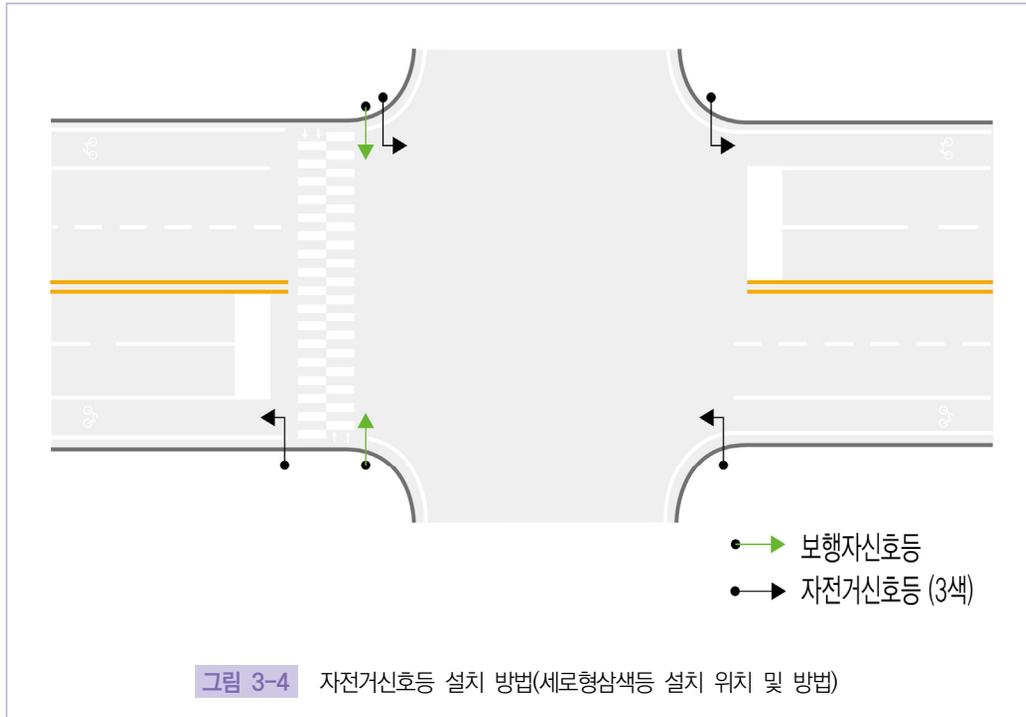
다음 그림은 교차로에서 자전거 신호등의 설치장소를 나타낸 것이다. 일반적으로 횡단보도와 인접하여 설치되는 자전거 횡단도에서 자전거 신호등(세로형이색등)은 보행 신호등과 동일하게 운영되는 방법과 별도의 신호 현시로 운영하는 방법으로 구분된다.

[그림 3-3]은 횡단보도와 함께 설치된 자전거 횡단도에 별도의 자전거 신호등(세로형이색등)을 설치한 사례이다. 이 경우는 자전거 이용자가 많고 교통안전 등의 사유로 별도의 자전거 신호등의 신호 현시가 필요하다고 판단되는 경우에 설치한다.



[그림 3-4]는 자전거 전용도로가 설치된 교차로에서 세로형삼색등을 이용하여 자전거가 교차로를 통과하는 경우에 설치한다. 전용도로 할 수 있도록 정지선 부근에 설치한다.

또한, 자전거 이용자가 교차로 횡단 중에도 신호등 상태를 확인할 수 있도록 교차로 건너편에도 함께 설치할 것을 권장한다. 우회전 차량과의 상충교차로의 지체 정도, 교통안전 등을 고려하여 신중히 설치한다.



2. 보행자신호기 설치장소

기 준

- 보행자신호기의 설치위치는 횡단 중인 보행자가 쉽게 볼 수 있는 위치에 설치한다.
- 보행자신호기의 높이는 보도의 노면으로부터 보행 신호등 하단까지 2~3m로 해야 한다.

권 장

- 보행자신호기를 설치해야 할 지점에는 차량 신호기를 함께 설치해야 한다.
- 횡단보도에 가로등 형식의 집중조명이 설치될 경우 보행 신호등의 난반사에 주의하여야 한다.
- 교통 및 도로여건에 따라 보행자 작동신호기를 설치할 수 있다.
- 시각장애인의 안전한 횡단을 위하여 설치되는 시각장애인용 음향신호기의 설치기준 등은 「시각장애인용 음향신호기 표준규격」에 따른다.

해설

보행 신호등의 높이는 보행자의 안전과 시인성 확보를 위해 보행자가 대기하는 보도의 노면으로부터 보행 신호등 하단까지 2~3m 범위에 설치한다. 보행 신호등의 설치위치는 횡단 중인 보행자가 쉽게 볼 수 있는 위치에 설치하되 보행 지장물을 최소화하기 위하여 가급적 차량신호기에 부착하여 설치한다.

지방 국도 등에서 보행자의 안전한 횡단을 위하여 도로를 가로질러 횡단보도 집중조명장치(투광기)를 설치할 경우 야간에 이로 인한 보행 신호등의 난반사로 보행자가 보행 신호등의 등화 상태를 오인할 소지가 있어서는 안되며, 난반사가 발생할 경우에는 횡단보도 집중조명장치(투광기)의 위치를 변경하여 난반사의 원인을 제거하는 것이 바람직하다.

3. 노면전차신호기 설치장소

기 준

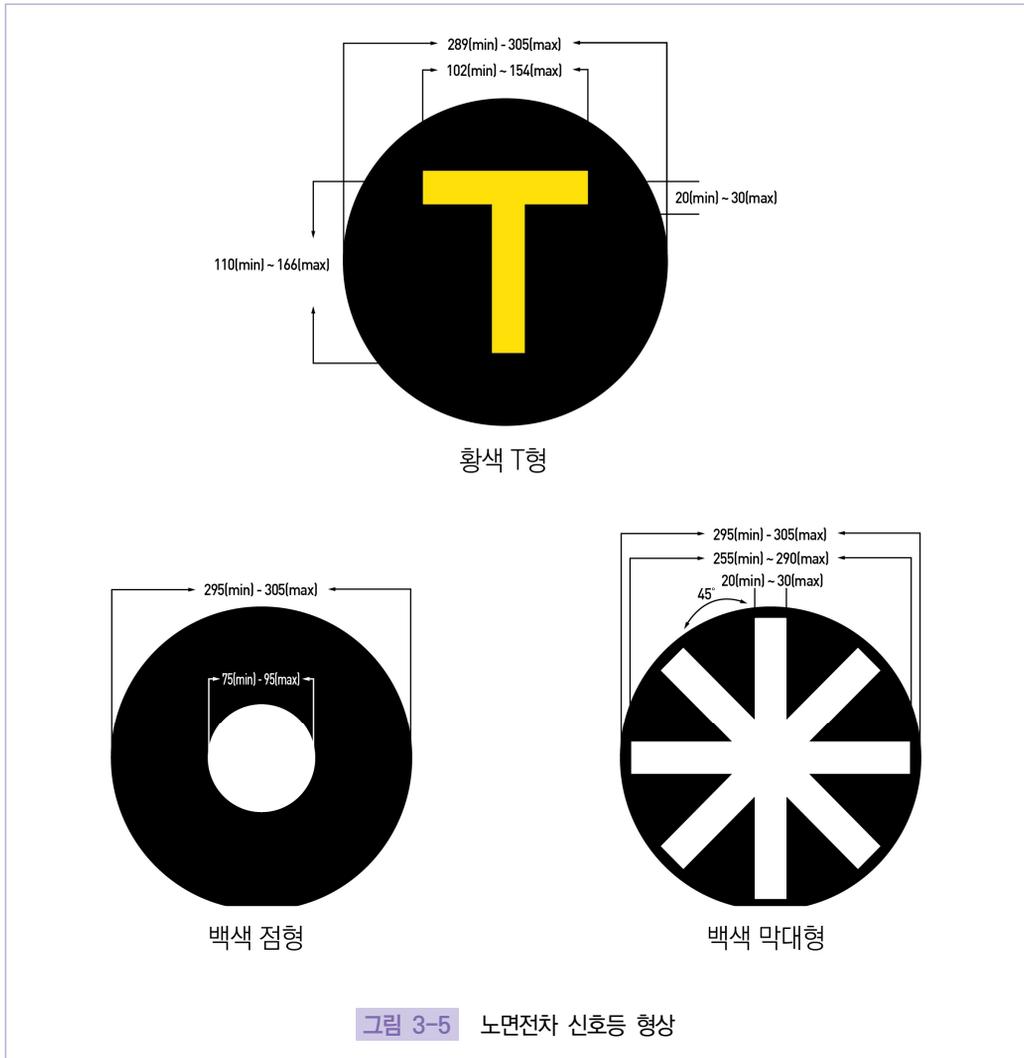
- 노면전차의 운전자가 노면전차신호기와 신호표지를 명확히 구분·인식할 수 있어야 하고, 시계운전 구간에서는 노면전차의 운전자가 야간에도 노면전차신호기와 신호표지를 인식할 수 있도록 하여야 한다.
- 노면전차 정지신호까지의 가시거리가 제동거리보다 짧을 때에는 중계신호기(주신호기에 종속되어 그 신호상태를 중계하는 신호기를 말한다)를 설치하여야 한다.
- 노면전차신호기는 노면전차 운행방향의 오른쪽에 위치하도록 설치하되, 지장물 등으로 인하여 불가피한 경우에는 위치를 다르게 할 수 있다.

해설

노면전차신호기는 보행자, 차량 등의 신호기와 명확히 구분되도록 하여야 한다. 교차로에서는 도로교통 신호제어기를 통해 차량 등 신호기와 노면전차신호기를 함께 제어할 수 있도록 해야 하며 교차로에 노면전차 우선신호가 설치된 경우 노면전차가 다른 교통수단에 우선해서 교차로를 통과할 수 있도록 도로교통 신호제어기를 운용하여야 한다. 이때 교차로에 설치된 노면전차 우선신호의 길이는 하나로 편성된 노면전차가 통과할 수 있도록 하여야 한다.

노면전차 선로에는 교통약자의 안전과 이동편의를 고려하여 보행자 횡단시설을 설치하여야 한다. 보행자 횡단시설에는 노면전차의 접근을 알리는 시각적 신호 또는 청각적 신호를 설치하여야 하며 노면전차의 운전자가 육안으로 보행자 횡단시설을 확인하기 곤란한 경우에는 노면전차 운전자에게 보행자 횡단시설이 있음을 알리는 안전표지(132 횡단보도 표지, 322 횡단보도 표지)를 별도로 설치하여야 한다.

노면전차신호기의 형상 및 등화모양별 설명·의미는 [그림 3-5], [그림 3-6]과 같다.



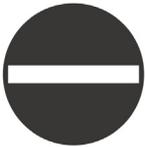
모양	설명	의미	모양	설명	의미
	수평의 흰색 막대형 조명등	정지		왼쪽으로 기운 흰색 막대형 조명등	좌측 진행
	수직의 흰색 막대형 조명등	진행		초점형 흰색 막대형 조명등	정지 예고
	오른쪽으로 기운 흰색 막대형 조명등	우측 진행		노란색 T자형 조명등	출발 예고

그림 3-6 노면전차 신호등의 등화모양별 설명·의미

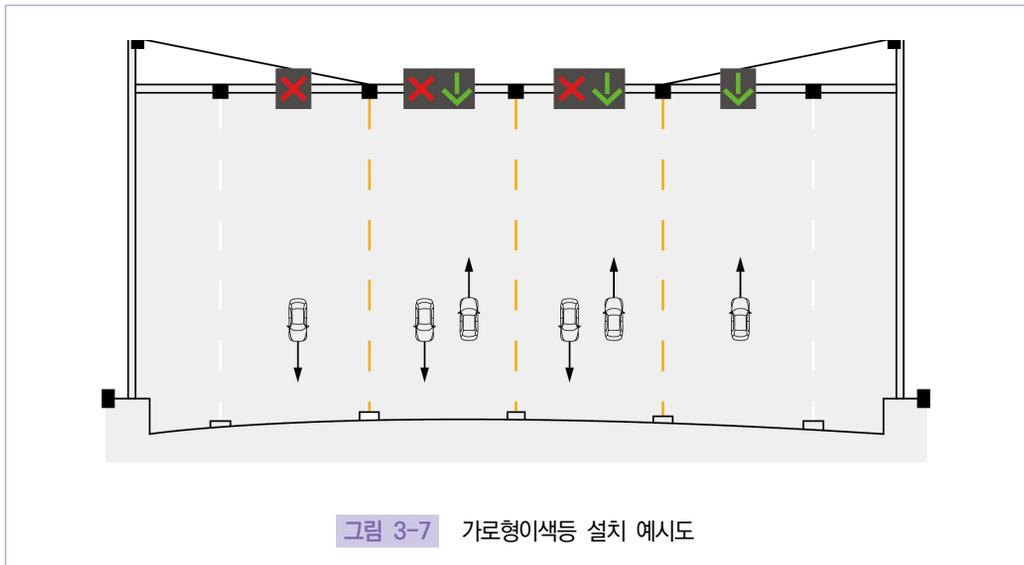
4. 가로형이색등(구. 가변형 가변등) 설치장소

기 준

- 일자 또는 시간에 따라 교통량의 변동이 많은 간선도로 중 가변차로로 지정된 도로구간의 입구, 중간 및 출구에 설치한다.

권 장

- 다음의 기준을 만족시킬 때 가변차로를 설치할 수 있다.
 - 첨두시간 양방향 교통류의 비가 최소한 3:2 이상인 도로
 - 차로수는 원칙적으로 최소한 양방향 3개 차로 이상 확보
 - 가변차로구간 유출부에서는 교통처리능력이 충분할 것
- 가변차로구간에는 250m 간격으로 가로형이색등을 설치하고 시간대에 따라 진행차로의 위치를 조정한다.



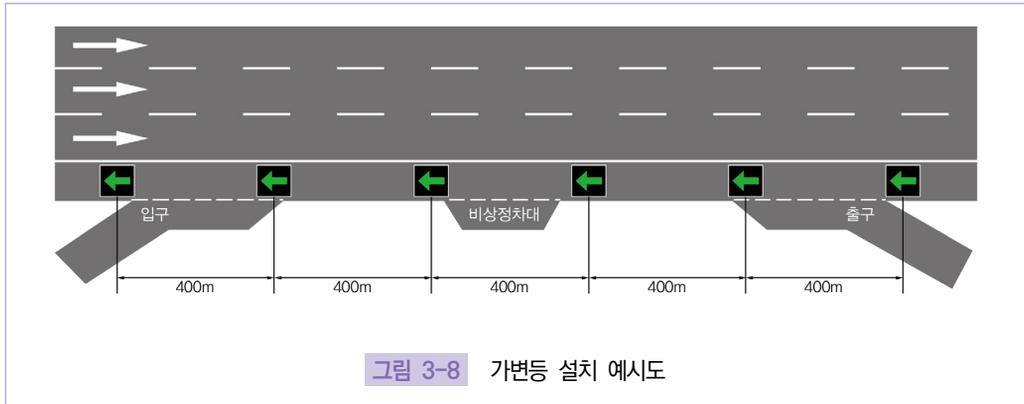
해설

가변차로의 가로형이색등이란 차량 통행이 방향별로 차이가 많은 시간대에 차량 통행이 많은 방향에 차로를 더 할당해 주고, 차량 통행이 동등할 때에는 차로를 동등하게 운용하기 위하여 설치하는 신호등을 말한다. 가로형이색등은 일자 또는 시간대에 따라 교통량의 변동이 많은 간선도로 중 가변차로로 지정된 도로구간의 입구, 중간 및 출구에 설치한다.

5. 가변등 설치장소

기준

- 고속도로등에서 차량정체 시 신호기 표시에 따라 갓길로 통행할 수 있는 구간의 입구, 중간 및 출구에 설치한다.



권장

- 한국도로공사의 '갓길차로 운영업무 매뉴얼'에 따라 설치한다.
 - 〈도로조건〉
 - 긴급상황을 대비한 비상주차대 설치공간이 확보된 경우
 - 갓길차로제 차로 기준을 만족 가능한 경우
 - 〈교통조건〉
 - 합류부 병목이 발생하는 짧은 구간의 교통량이 과다한 경우(IC~IC, IC~Jct, IC~TG, Jct~TG 등)
 - 첨두시 교통량이 일시적으로 과다한 경우

해설

고속도로등에서 도로의 갓길차로를 활용하여, 첨두시 통행집중으로 인한 병목현상 영향을 감소시키는 등 일시적인 도로용량의 증대와 교통정체를 완화하기 위해 운영하고 있으며, 한국도로공사에서 발간하는 '갓길차로 운영업무 매뉴얼'에 따라 가변등은 약 400m 간격으로 설치·운영 중이다.

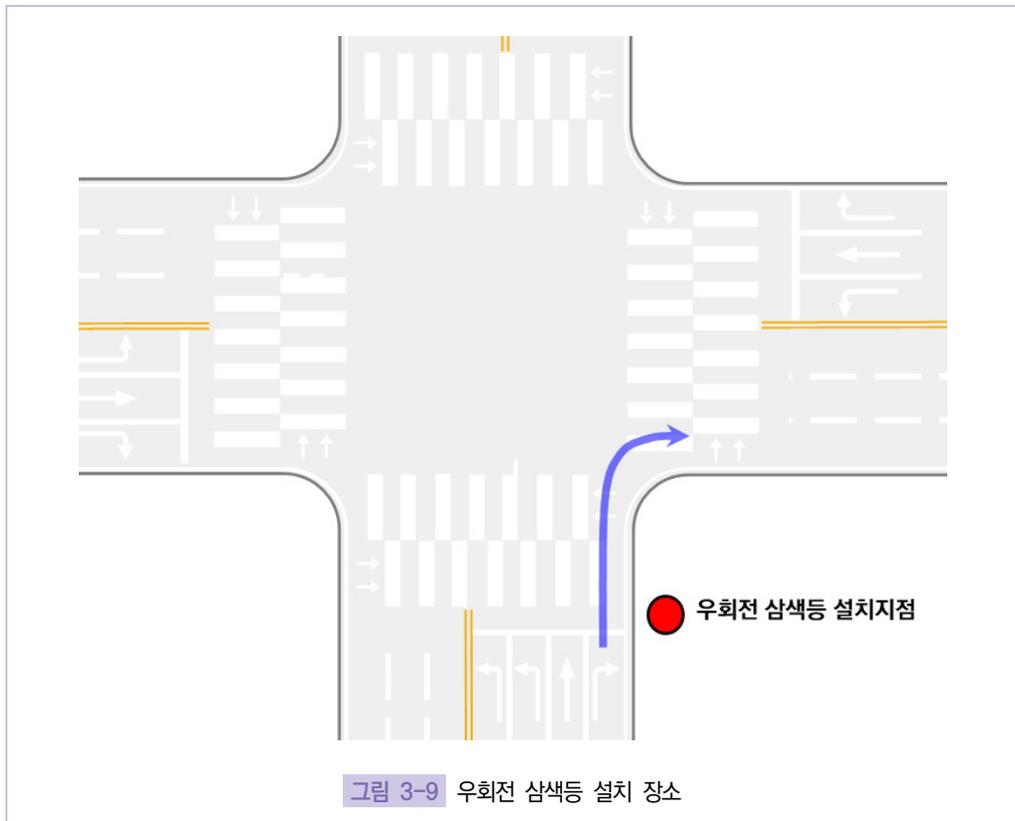
6. 우회전 삼색등 설치장소

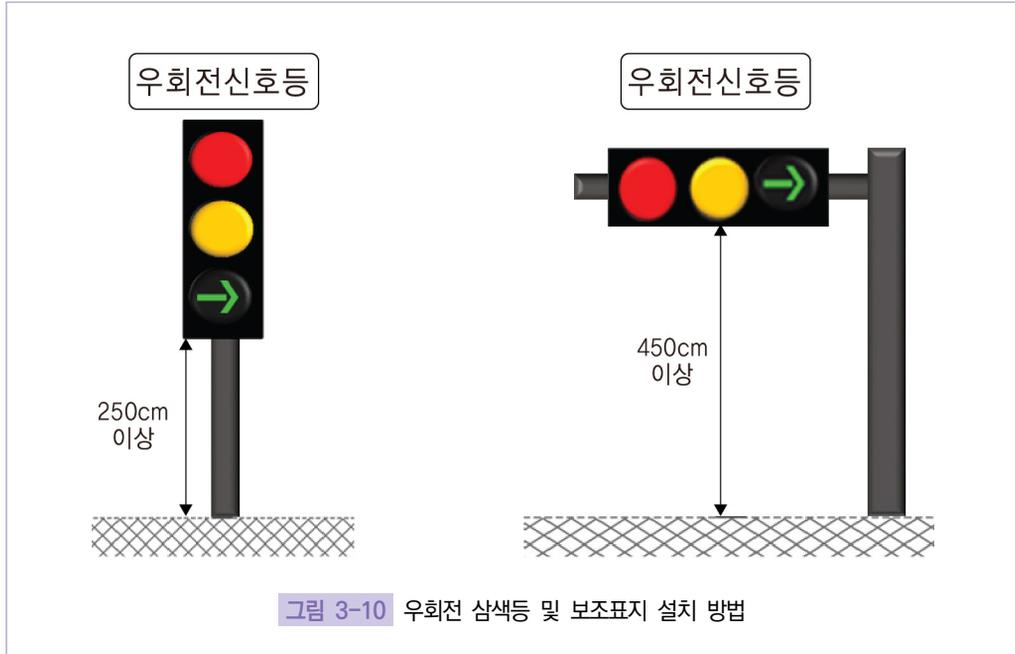
기준

- 도로의 우측면에 차량의 진행방향에서 잘 보이도록 설치한다.

권장

- 우회전 삼색등은 차량 운전자가 신호를 보고 정지선에 정지할 수 있도록 설치한다.
- 도로 우측, 우회전 차량 운전자의 시인성이 확보되는 적절한 높이(250cm 이상)로 도로 우측에 설치한다.
- 장애물, 수목 등으로 인해 시인성 장애 시, 우회전 전용차로가 2개 이상일 경우 옆기둥식으로 가로형 우회전 삼색등을 설치할 수 있다.
- 교차로 주신호등과의 혼동을 예방하기 위해 우회전 삼색등 상부에 안전표지(407의2 우회전신호등)를 부착한다.





제 1 장

차량 신호운영

제1절 신호등의 운영

제2절 신호제어의 기초

제3절 신호시간 계획

제4절 신호연동계획

제5절 특수 신호운영





제1절 신호등의 운영

신호운영을 위해서는 주기길이, 현시체계, 녹색시간, 황색시간 및 전적색시간을 결정하여야 하며, 이는 교차로 기하구조 및 교통량, 중차량 혼입율, 보행자 교통량 등에 따라 달라진다. 신호등의 운영방법에서 대단히 중요한 것은 신호현시를 설계하고 신호시간을 계산할 때 좌회전 처리를 어떻게 할 것인가를 결정하는 것이다. 비보호좌회전, 보호좌회전 및 좌회전 금지 중에서 어느 것을 택할 것인가 하는 문제는 전문적인 교통공학적 분석으로 해결이 가능하다.

1. 차량 신호변환시간(황색+전적색시간)

기 준

- 신호변환시간은 적색신호 점등에 앞서 정지할 필요가 있는 운전자들에게 주의를 주기 위한 적절한 시간을 제공할 수 있도록 설계되어야 한다.
- 황색시간은 최대 5초로 하며, 이를 넘는 나머지 시간은 1~2초의 전적색시간으로 하며, 부득이할 경우 정지선을 앞으로 당겨서 교차로의 길이를 축소한다.
- 황색 및 전적색시간을 산출하기 위해서는 교차로의 폭, 차량의 접근속도, 임계감속도, 운전자 반응시간 등을 고려해야 한다. 딜레마존을 최소화할 수 있는 적정 신호변환 시간은 다음 공식에 따라 산출한다.

$$Y = t_b + \frac{v}{2a} + \frac{(w+l)}{v} - t_s$$

여기서 Y : 황색신호시간(초)

l : 차량길이(m, 보통 5m)

v : 접근속도(m/s)

w : 교차로 횡단거리 또는 길이(m)

a : 진입차량의 임계감속도(m/s², 보통 5.0m/s² 적용)

t_b : 정지인지반응시간(초, 보통 1.0초 적용)

t_s : 출발인지반응 및 여유시간(초, 보통 1.5초 적용)

해설

녹색신호시간과 적색신호시간 사이에 오는 신호변환시간은 황색시간으로 구성되어 있거나 추가적으로 전적색 시간이 포함되기도 한다.

황색신호의 가장 중요한 기능은 신호를 보고 오는 차량에게 곧 정지신호가 온다는 것을 예고하는 것이다. 전적색신호는 교차로의 모든 접근로에 적색신호를 등화하는 방법으로 황색신호시간이 과도하게 길게 산출되는 곳에서 황색신호의 효용성을 높이고 안전을 확보하기 위해 적용된다.

실제 황색시간이 적정 황색시간보다 작을 경우에는 「딜레마존(Dilemma Zone)」이 생기게 되는데, 이는 접근차량이 황색신호를 인지하였지만 임계감속도로 정지선에 정지하기가 불가능하여 계속 진행할 때 교차로를 완전히 통과하지 못하게 되는 경우가 생기는 구간이다. 황색시간과 전적색시간의 설정이 잘못된 경우 운전자가 황색신호를 무시하거나 너무 민감하게 반응하여 교차로 내에서 추돌사고나 측면 충돌사고와 같은 교통사고를 발생시킬 수 있다.

또한, 규칙적 통행자들의 경우 황색시간이 적정치 이상으로 길다는 것을 알면 이 시간을 통행시간처럼 활용할 수 있으므로 적정한 황색시간의 산출은 신호운영에서 매우 중요하다. 또한, 과도하게 긴 황색시간 및 전적색시간은 교차로의 처리효율을 떨어뜨리고 용량을 감소시키는 요인으로 작용함으로 주의해야 한다. 신호변환시간이 5초를 넘는 경우에는 교차로에 적용하기 전에 그 필요성에 대해 재검토를 거치거나 5초를 황색시간으로 사용하고 남은 시간을 교차로 정리에 소요되는 전적색시간으로 활용하도록 해야 한다.

위 공식에 의거, 황색신호를 산출할 경우 횡단거리와 접근속도에 따라 다음 <표 1-1>과 같이 산출된다. 여기서 횡단거리는 교차로 기하구조가 다양하여 교차로폭으로 한정할 경우 신호변환시간이 짧을 수 있으며 또한 유출부 횡단보도까지 포함하여 소거하기에는 신호변환시간이 지나치게 길어지게 된다. 따라서 이를 일반화하기 위하여 횡단거리는 진행현시 정지선에서부터 다음현시 이동류와의 상충지점까지로 정하고 유출부 횡단보도에 대한 차량소거는 후행 보행시간(보행자신호 전시간, Before Pedestrian time)로 처리한다.

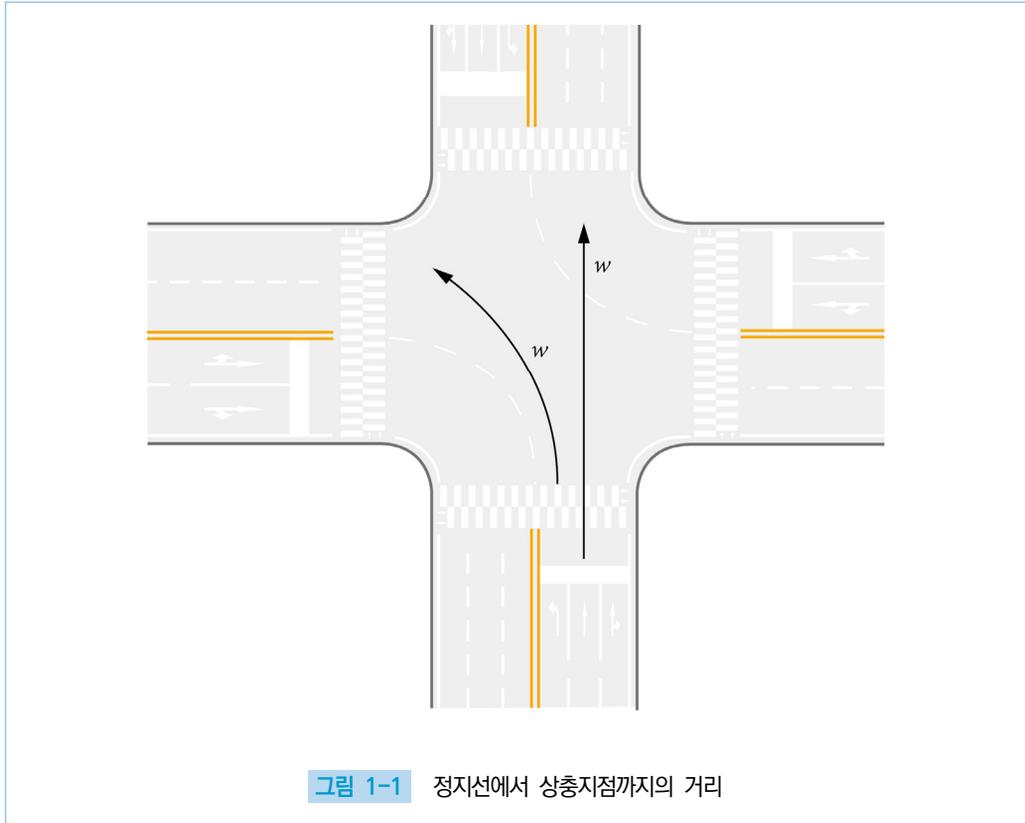


표 1-1 교차로 폭과 접근속도에 따른 황색신호시간

접근 속도 w	30km/h		40km/h		50km/h		60km/h		70km/h		80km/h	
	산출	적용	산출	적용	산출	적용	산출	적용	산출	적용	산출	적용
20m	3.3	3	2.9	3	2.8	3	2.7	3	2.8	3	2.9	3
25m	3.9	4	3.4	3	3.2	3	3.0	3	3.0	3	3.1	3
30m	4.5	5	3.8	4	3.5	4	3.3	3	3.3	3	3.3	3
35m	5.1	5	4.3	4	3.8	4	3.6	4	3.5	4	3.5	4
40m	5.7	5(1)	4.7	5	4.2	4	3.9	4	3.8	4	3.8	4
45m	6.3	5(1)	5.2	5	4.5	5	4.2	4	4.0	4	4.0	4
50m	6.9	5(2)	5.6	5(1)	4.9	5	4.5	5	4.3	4	4.2	4
55m	7.5	5(3)	6.1	5(1)	5.3	5	4.8	5	4.6	5	4.4	4
60m	8.1	5(3)	5.4	5(2)	5.6	5(1)	5.1	5	4.8	5	4.7	5
65m	8.7	5(4)	7.0	5(2)	6.0	5(1)	5.4	5	5.1	5	4.9	5
70m	9.3	5(4)	7.4	5(2)	6.4	5(1)	5.7	5(1)	5.3	5	5.1	5

여기서, w : 정지선에서 상충지점까지의 거리, () : 전적색신호로 운영할 수 있는 시간

제2절 신호제어의 기초

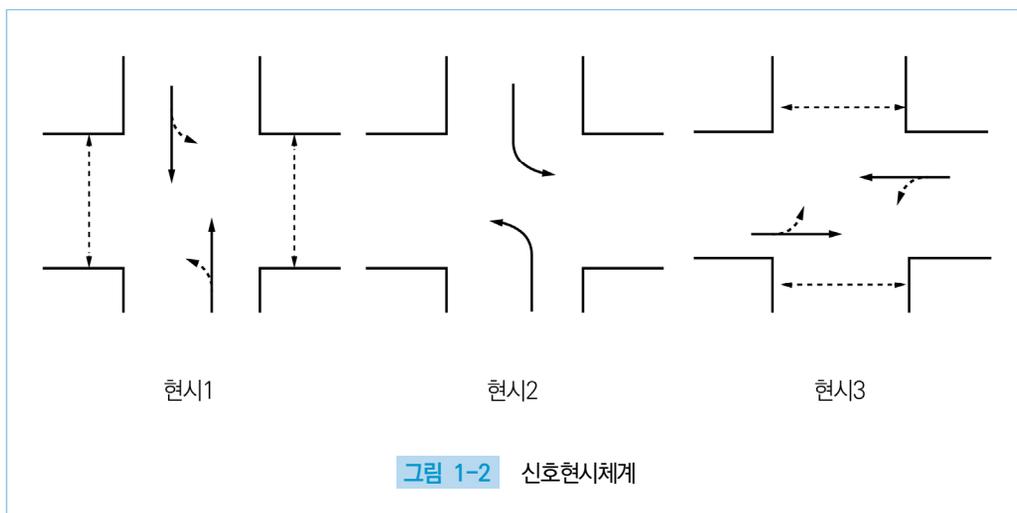
1. 신호제어변수 종류와 역할

1.1. 신호현시와 포화도

1.1.1. 신호현시

신호현시는 어떤 교차로에서 어떤 이동류에 대하여 동시에 부여할 수 있는 통행권 또는 그 통행권이 할당된 시간대를 말하는 것이다. 예를 들면 [그림 1-2]와 같이 4지 교차로의 경우 표준적인 현시1과 현시3이 반복하여 표시되면 2현시가 된다.

만약 좌회전 차량이 많아 좌회전 전용현시가 필요한 경우 현시 2가 추가되어 3현시가 된다. 여기서 그림상 실선 화살표는 보호 이동류를, 점선 화살표는 비보호 이동류를, 점선 양쪽 화살표는 보행자 이동류를 표시한다. (이하 같음)



또, 신호현시 설정에 대한 유의사항은 다음과 같다.

○ 교통안전상의 배려

교차로 내 교통사고는 좌·우회전 차량이 개입되는 경우가 많기 때문에 각 교차로 현시결정 시 교통상황, 특히 횡단보행자의 수, 연령층, 좌·우회전 교통량, 교차로 횡단거리, 시거 등을 고려하여 좌·우회전 차량과 횡단보행자 및 직진차량을 분리하여 현시를 설계하는 것을 검토하여야 한다.

○ 교통효율상의 배려

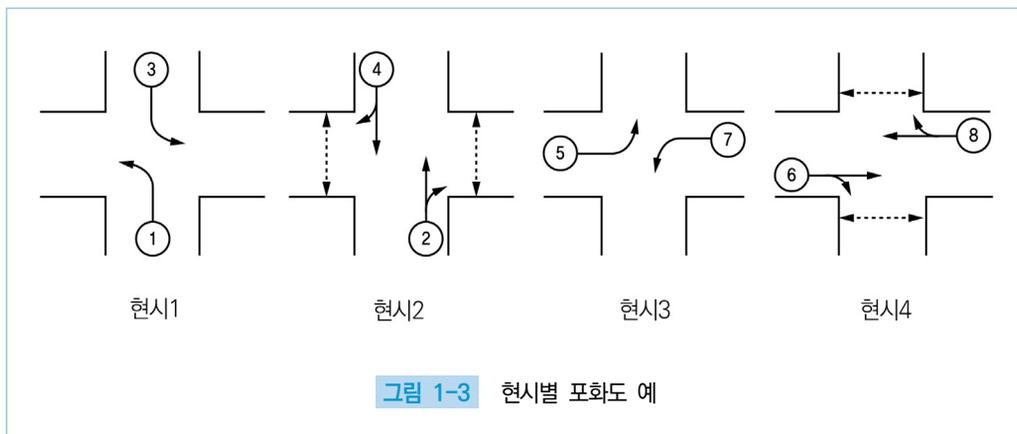
일반적으로 현시수가 많아지면 동일 신호시간대에 교차로를 통과하는 이동류가 적어져 이동류별 안전성은 높아지나, 교차로 전체 교통처리 효율은 낮아진다. 이것은 방향별 이동류에 할당하는 현시시간이 줄어들고, 현시변경에 따른 출발손실시간이나 황색시간 등의 소거손실 시간등 전체적 손실시간이 증가하기 때문이다. 따라서 교통운영상의 효율성을 높이기 위해서는 현시수가 적은 것이 좋다.

1.1.2. 포화도

교차로에서 1개의 접근로 j 에 대해 현시 i 에 진행할 수 있는 이동류의 유입교통량을 q_{ij} (수요 교통량)이라 하고, 그 이동류의 포화교통류율을 s_i (교차로 상류부에 충분한 수요가 있는 경우 신호가 지속적으로 녹색시간이 제공될 때 단위시간당 유출하는 교통량을 말한다)라 하면, 유입 교통량을 포화교통류율로 나눈 값을 포화도 λ_{ij} 라 한다.

교차로 전체에서 보면 각 현시 i 에 있어, 그 현시에 제어되는 이동류의 포화도 가운데 가장 큰 포화도를 그 현시의 임계 포화도 λ_i 라 부른다. 그리고 각 현시의 임계 포화도 λ_i 를 전체 신호현시로 더한 값이 교차로 포화도 λ 라 한다.

[그림 1-3]에서와 같이 단순한 2현시 제어의 4지 교차로를 보면 현시의 포화도 λ 와 교차로 포화도 λ 는 다음과 같다.



$$\text{현시 1의 포화도 } \lambda_1 = \max\left(\frac{q_1}{s_1}, \frac{q_3}{s_3}\right)$$

$$\text{현시 2의 포화도 } \lambda_2 = \max\left(\frac{q_2}{s_2}, \frac{q_4}{s_4}\right)$$

$$\text{현시 3의 포화도 } \lambda_3 = \max\left(\frac{q_5}{s_5}, \frac{q_7}{s_7}\right)$$

$$\text{현시 4의 포화도 } \lambda_4 = \max\left(\frac{q_6}{s_6}, \frac{q_8}{s_8}\right)$$

$$\text{교차로 전체 포화도 } \lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4$$

1.2. 제어변수

신호제어에는 시간적 요소로서 주기길이(Cycle Length), 현시율(Split), 오프셋(Offset)이 있으며, 이것을 총칭하여 신호제어변수 또는 신호제어 파라미터(Parameter)라 부른다.

1.2.1. 주기길이(Cycle Length)

교차로의 모든 신호등의 등화가 표출되는데 소요되는 시간을 주기길이라 하고, 보통[초, sec]로 표시한다. 일반적으로 주기길이는 교차로의 포화도가 높아지면 길어지고, 포화도가 낮아지면 짧아진다.

1.2.2. 현시율(Split)

현시 i 의 유효녹색시간(실제 사용된 녹색시간 길이)을 주기길이 C 로 나눈 값을 현시율 g_i 라 한다.

1.2.3. 주기길이·현시율·포화도와의 관계

주기길이 C , 현시율 g_i , 손실시간 L 사이에는 다음의 관계가 성립된다.

$$\sum_i g_i + \frac{L}{C} = 1$$

또한 각 현시에서 교통수요를 처리하기 위해서는 $g_i \geq \lambda_i$ 가 되어야 한다.

위의 식을 이 조건에 대입하면,

$$\sum_i g_i = 1 - \frac{L}{C} \geq \lambda$$

가 얻어진다. 교통수요를 처리하기 위한 최소 주기길이 C_{\min} 을 구해진다.

$$C \geq \frac{L}{1 - \lambda} = C_{\min}$$

1.2.4. 오프셋(Offset)

주기길이, 현시율은 각 교차로에 대한 제어변수이지만 오프셋은 복수의 신호등에 대한 제어 변수이다. 예를 들어 도로상의 연속된 여러 개의 신호등군을 고려할 경우에 어떤 한 접근로에서 볼 때 차량이 교차로에 정지하지 않고 원활히 통과할 수 있도록 하기 위해서는 신호표시(녹색신호 시작시점)를 다소간의 차이를 두는 것이 필요하다. 이 신호시간의 차이를 오프셋(Offset)라 부른다.

오프셋에는 절대 오프셋과 상대 오프셋의 2종류가 있으며, 해당 신호등이 속한 신호등군의 공통의 기준 신호로부터 녹색시간 시작시점의 차이를 절대 오프셋이라 하고 인접한 신호등과의 차이를 상대 오프셋이라 한다. 이것은 보통 [초]나 주기길이에 대한 백분율 [%]로 표시한다.

2. 신호제어 방법 결정

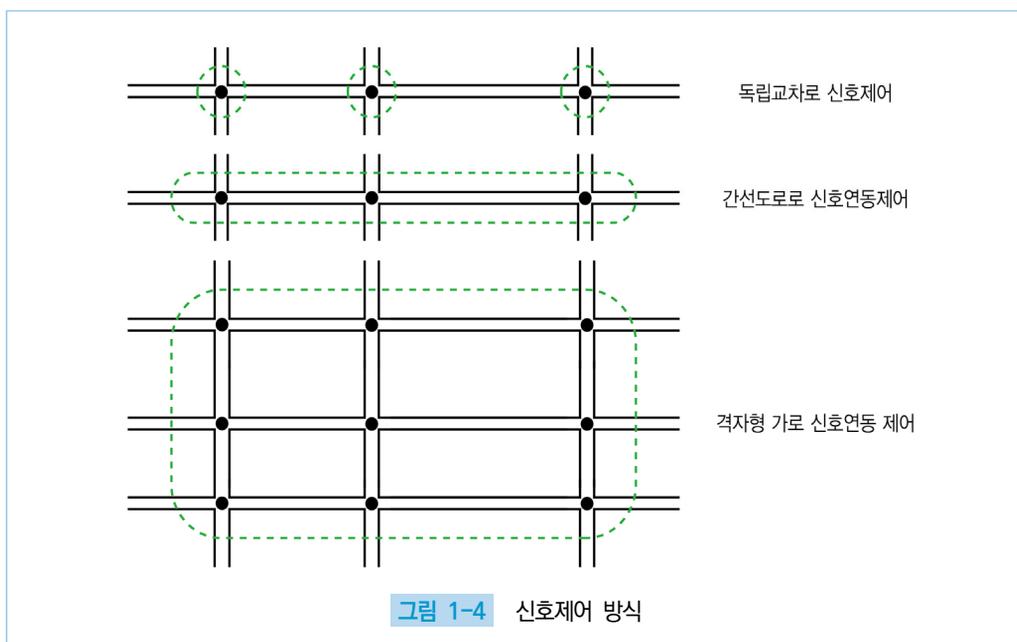
신호등 설치할 필요가 있다고 판단되면 어떤 신호제어가 필요한지를 검토하여야 한다. 즉, 인접교차로와의 연계가 필요한가, 신호등을 어떤 방법으로 운영할 것인가, 신호시간은 어떻게 제공할 것인가 등에 대한 세부적인 검토작업이 필요하다. 이러한 신호제어 방법을 결정하기 위해 어떤 신호제어방법들이 있는가를 소개한다.

신호제어 방법은 분류기준에 따라 다양하게 나누어진다. 교차로 단독으로 운영되는 독립 교차로 제어와 인접한 신호등과 연계되어 운영하는 연동제어가 있는가 하면, 신호시간 결정 방법에 따라 고정시간 신호제어, 교통감응 신호제어, 실시간 교통대응제어로 나누어지기도 하고, 중앙컴퓨터와 연결 유무에 따라 일반 신호제어와 전자 신호제어로 구분되기도 한다.

교차로에서 어떤 신호제어방법을 채택할 것인가는 매우 중요한 문제이므로 초기 설치단계에서부터 신중히 고려되어야 할 사항이다.

2.1. 독립교차로 신호제어와 연동 신호제어

독립교차로 신호제어는 각 교차로에 설치된 교통신호제어기가 주변의 제어기와 연계되지 않고 해당 교차로마다 독립적으로 제어하는 방법이며, 연동신호제어는 도로상에 연속적으로 설치되어 있는 제어기를 동시에 연계하여 제어하는 방법이다. 이 연동 제어방법은 간선도로를 따라 몇 개의 교차로를 제어하는 방법이 있는가 하면, 격자형 가로에서는 어떤 지역을 단위로 하여 제어하는 방법도 있다.



2.1.1. 독립교차로 신호제어

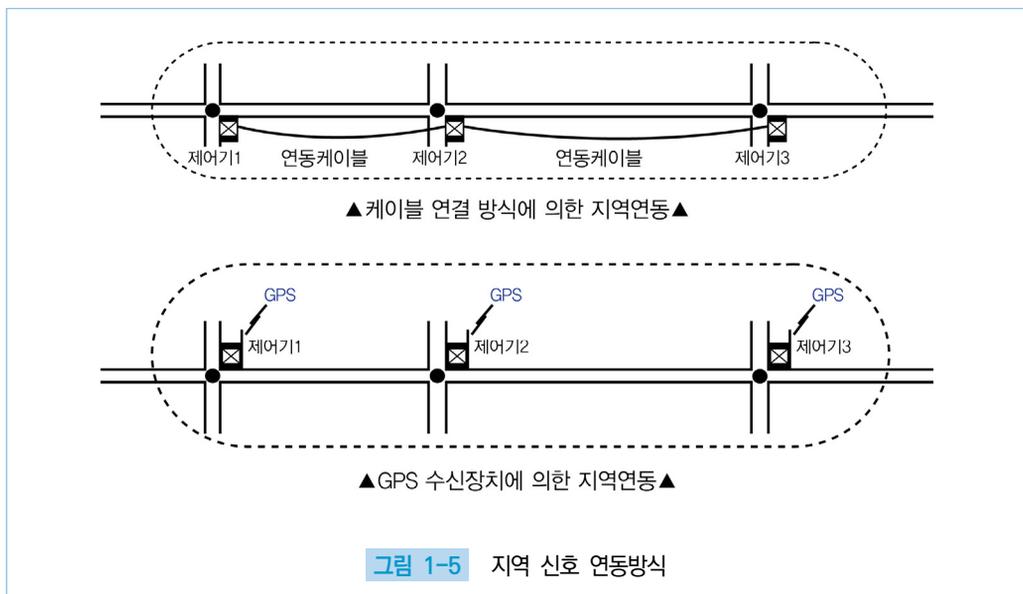
인접한 교차로를 고려하지 않고 해당교차로의 교통상황을 고려하여 제어하는 방식이다. 이 제어는 일반적으로 인접 교통신호제어기와 멀리 떨어져 있어 연동효과를 기대할 수 없는 경우에 주로 채택하나, 비록 인접교차로간의 거리는 짧다고 하더라도 교통량이 집중되고, 각 현시의 교통수요 변동이 심하여 연동제어보다는 특정 교차로만 독립적으로 제어하는 것이 보다 효과적일 때 사용하기도 한다.

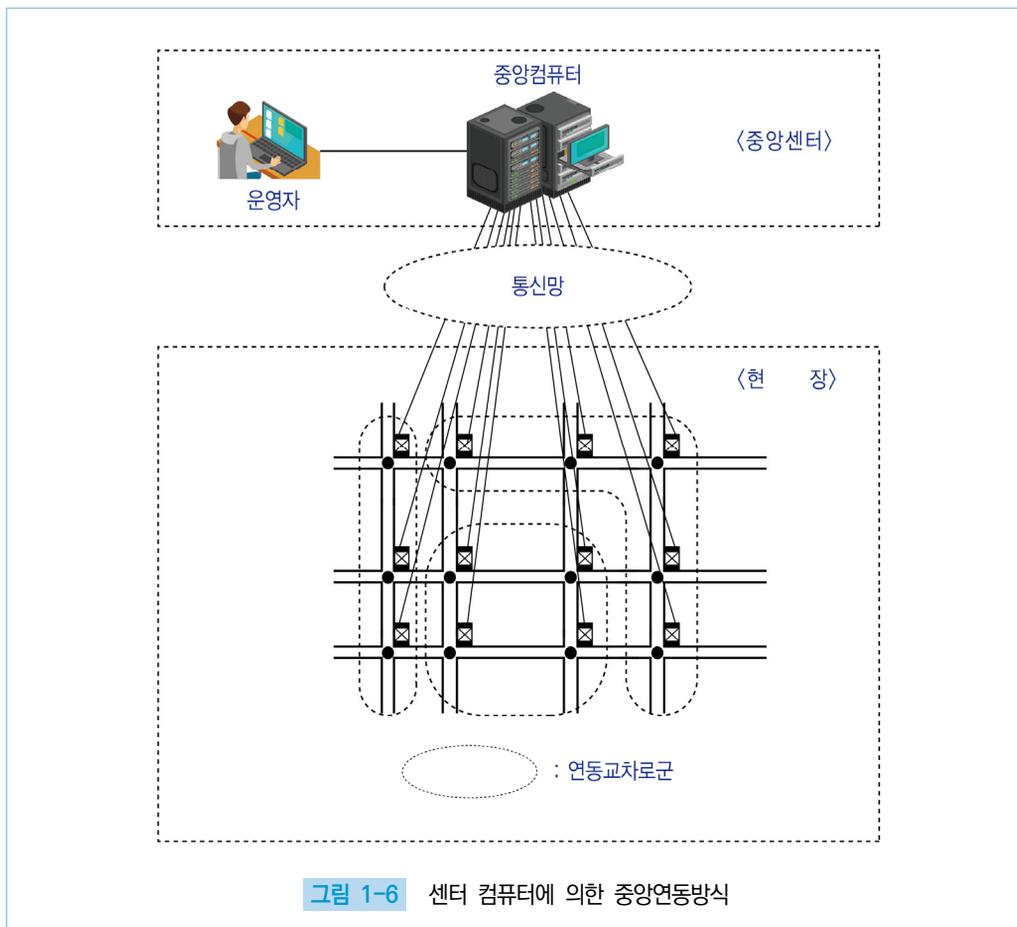
2.1.2. 연동신호제어

연동 신호제어란 일반적으로 어떤 도로에서 교차로가 연속적으로 설치되어 있는 경우 어떤 교차로에서 녹색신호를 받고 출발한 차량이 다음 교차로에서도 계속 녹색신호를 받고 진행할 수 있도록 인접한 2개 이상의 신호등을 연계시켜 운영하는 신호제어방법이다.

이러한 신호연동은 제어기 자체에서 수행하느냐 또는 중앙컴퓨터와의 연결되어 신호시간이 중앙의 통제를 받느냐에 따라 지역 연동방식과 중앙 연동방식으로 나누어진다.

- 지역 연동방식 : 중앙의 컴퓨터에 의존하지 않고 인접한 지역제어기만을 연계시키는 방안으로 각 제어기를 직접 케이블로 연결시키는 방법과 GPS 수신장치를 통하여 각 제어기 시간을 일치시켜 연동시키는 방법이 있다. 이 지역 연동방식은 교통정보센터가 구축되어 있지 않은 지역의 간선도로에 주로 적용된다.
- 중앙 연동방식 : 중앙의 컴퓨터와 현장의 각 제어기와 정보를 교환하면서 연계시키는 방안으로 모든 제어기는 연동이 되는 교통류의 녹색시간 시점을 컴퓨터에 의해 통제를 받음으로써 이루어진다. 중앙컴퓨터에 의한 연동방법은 시간대별 (TOD: Time of Day) 제어에서는 해당시간에 정해진 옵션값에 따라 연동화를 유지하고, 교통대응(Traffic Responsive) 제어에서는 검지기로부터 계속된 자료를 통해 파악된 교통상황에 따라 사전에 준비된 옵션값을 선택 또는 계산함으로써 구현된다.





교차로를 제어하는데 있어 독립제어방법을 채택할 것인가, 또는 연동제어방법을 채택할 것인가에 대한 결정에 대한 명확한 기준은 없으나 일반적으로 다음과 같은 사항을 종합적으로 검토하여 판단하여야 한다.

- 인접교차로와의 간격이 짧을수록 연동제어의 필요성이 높아진다.
- 주 교통류의 교통량이 많으면, 연동제어의 필요성이 높아진다.
- 인접한 2개의 신호등간의 영향이 클수록 연동제어 필요성이 높아진다.

일반적으로 교차로간의 거리가 800m이하이면 연동을 적극적으로 고려하고, 1,500m 이상이면 차량이 진행을 하면서 신호를 받고 출발한 차량군이 점차 흩어져 사실상 신호연동효과를 기대할 수 없으므로 무리한 신호연동을 하지 않는 편이 좋다. 따라서 도시부 가로는 가능하면 연동제어를 하는 것이 효율적이며, 국도나 지방도의 경우도 신호등 간격이 짧은 구간은 연동제어가 필요하다.

2.2. 신호시간 결정방법에 따른 분류

신호현시 및 신호시간은 교차로 신호제어 효율에 결정적인 영향을 미친다. 잘못된 현시체계나 신호시간은 차량이나 보행자에게 불필요한 신호대기를 강요함으로써 교차로 교통처리 효율을 감소시키고, 교통사고를 발생시키는 등 부작용을 야기할 수 있기 때문이다.

신호현시체계는 각 방향별 교통량, 교차로 기하구조 등에 따라 신호등 설치 초기에 결정되면 현시체계 변화가 필요한 특별한 사안이 발생되지 않을 시는 상당기간 동안 계속 유지된다. 그러나 주어진 현시체계에서의 주기, 녹색시간, 오프셋 등이 교통상황의 변화에 따라 적합한 신호시간을 제공하지 못하면 신호운영 효율이 저하되는 경우가 발생한다.

신호시간은 제공되는 방법에 따라 고정시간 제어, 실시간 교통대응제어, 교통감응제어로 나누어진다. 여기서 교통감응 제어는 고정시간 제어나 교통대응 제어와 함께 사용할 수도 있다.

2.2.1. 고정시간(Pretimed 또는 Fixed-Time) 제어

고정시간 제어라는 것은 1일 시간대별로 운영자가 사전에 입력한 몇 개의 신호시간에 따라 매일 반복하여 신호를 제어하는 방식이다. 이 방식은 독립교차로제어나 연동제어에서도 사용된다.

그러나 교통량은 시간대별로 그리고 요일별로 변화될 수 있으므로 교통상황에 적합한 신호시간을 제공하는 데는 한계가 있다. 따라서 1일 시간대별 교통변동이나 요일별 변동이 적은 안정된 가로에서는 효과적일 수 있으나, 교통변동이 심한 교차로에서는 효율을 저하시키기도 한다.

특히 1개의 신호시간으로 계속 반복하여 운영할 경우 시간대별 교통변동이나 요일별 교통변동 등 교통상황에 전혀 대처하지 못하는 문제가 발생하므로 시간대별로 몇 개의 신호시간을 제공하는 방안의 강구가 필요하다. 전자신호체계에서의 1일 시간대별(Time of Day : TOD) 제어는 고정시간 제어이다.

일반적으로 1일 시간대별(Time of Day : TOD) 제어는 [그림 1-7]의 예와 같이 요일별로 각 시간대 교통량 변화를 파악하여 유사한 교통상황이 전개되는 몇 개의 시간대로 나누어 각 시간대에 적합한 주기, 녹색시간, 오프셋값을 사전에 준비하고서 해당시간이 되면 설정된 신호시간으로 운영시킨다.

신호제어 효율은 신호시간이 현장의 교통상황에 얼마나 적합한가에 달려 있으므로 1년에 각 계절별로 신호시간을 조정해 주는 것이 좋으며, 중요 교차로인 경우는 분기당 2회 이상 교통상황을 살펴 지속적으로 신호시간 조정작업을 행하는 것이 교차로 효율성 증진에 도움이 된다.

그러나 교통량을 조사하여 신호시간을 계산하여 입력하더라도 조사된 교통량은 특정일에 한정된 자료이므로 장래에도 조사된 교통상황이 똑같이 전개된다는 보장이 없기 때문에 신호운영요원의 현장 모니터링은 대단히 중요하며, 도로의 신설, 대형 건물의 완공 등 교통패턴에 변화가 있을 시는 필히 기존 신호시간의 적합성을 검토하여야 한다.

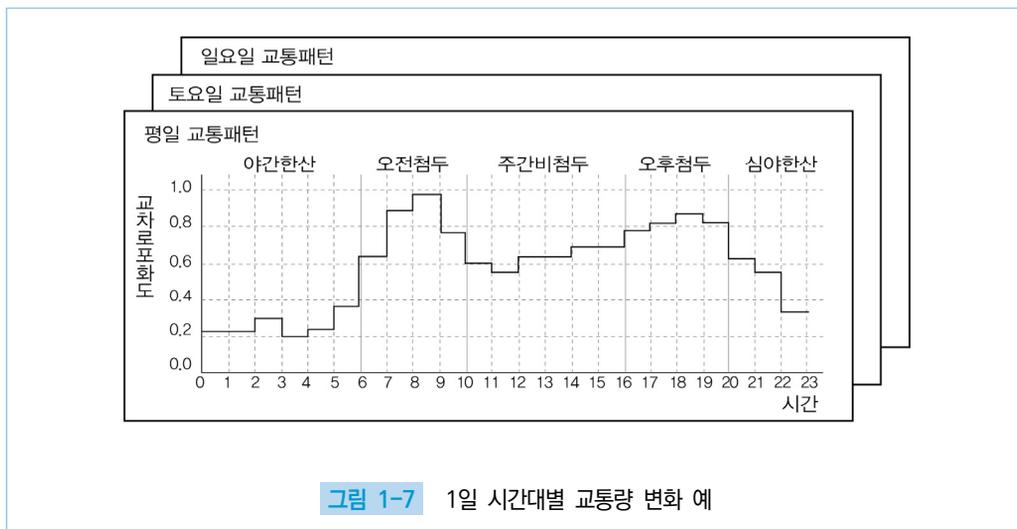


그림 1-7 1일 시간대별 교통량 변화 예

2.2.2. 실시간 교통대응제어

고정시간 제어는 시간대별 또는 주기별 교통변동에 적합한 신호시간을 제공하기에는 한계가 있다. 1980년대에 들어 전자·통신기술의 급속한 발전에 힘입어 매주기마다 교통상황을 판단하고 이에 적합한 신호시간을 변경하는 방법이 개발되었다.

실시간 교통대응제어는 차량검지기로부터 획득된 자료를 토대로 교통상황에 대응하는 신호시간을 제공하는 제어방법이다. 교차로 접근로에 설치된 차량 검지기에서 계측된 자료는 중앙컴퓨터로 보내지고, 중앙컴퓨터에서는 이들 자료를 토대로 교통상황에 알맞은 신호시간을 지역제어기로 보내 신호를 운영한다. 중앙컴퓨터에서 신호시간을 어떻게 결정하느냐에 따라 신호시간 선택방식과 신호시간 계산방식으로 구분된다.

○ 신호시간 선택방식

운영자가 사전에 신호시간을 다양하게 입력하여 검지기 자료에 따라 가장 적합한 신호시간을 컴퓨터가 자동으로 선택한다. 이 방식은 사전에 신호시간을 준비해야 하므로 현장조사나 신호계획 등에 상당한 비용과 노력이 요구되며, 경우에 따라서는 준비된 신호시간계획이 현장상황에 맞지 않는 경우도 발생할 수 있다.

○ 신호시간 계산방식

이 방식은 차량 검지기에서 얻어진 자료를 토대로 중앙컴퓨터가 직접 신호시간을 계산하여 제공하는 방식이다. 이 방식은 매주기마다 새로운 신호시간을 제공할 수 있어 주기별 교통변동이 심한 교차로에 매우 적합하다.

실시간 교통대응제어는 전적으로 차량 검지기에서 계측되는 자료에 의존하기 때문에 차량 검지기의 신뢰도가 유지될 수 있도록 차량 검지기가 관리되어야 한다. 따라서 주기적으로 차량검지기의 신뢰성을 확인하는 작업이 필요하다.

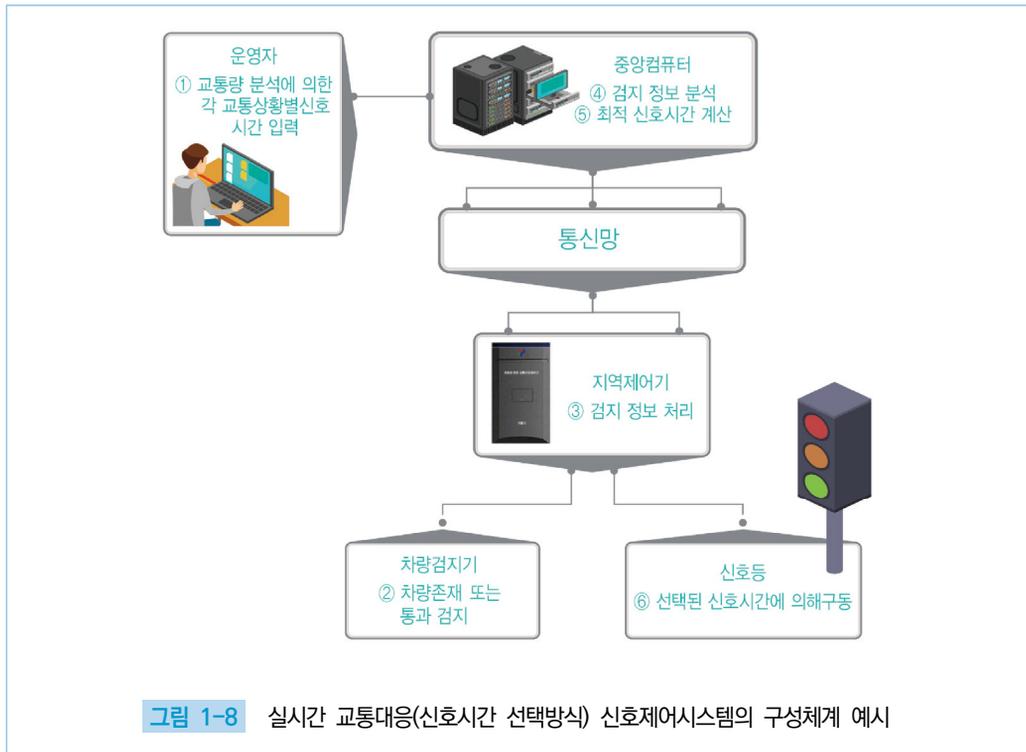


그림 1-8 실시간 교통대응(신호시간 선택방식) 신호제어시스템의 구성체계 예시

2.2.3. 교통감응제어

교통감응제어는 이미 결정된 주기 범위 내에서 교통상황 변동에 따라 신호제어변수를 미세하게 조정하여 교차로 안전성과 효율을 높이는 제어방식이다. 교통감응제어는 고정시간 제어방식에서나 교통대응제어방식에서 각각 적용이 가능할 뿐 아니라, 독립교차로제어나 연동제어에서도 적용 가능하다.

이 제어를 행하기 위해서는 교차로 접근로에 목적에 맞는 검지기 종류와 위치를 결정한 후, 검지기를 설치해야 한다. 검지기는 차량뿐만 아니라 보행자도 검지하여 신호시간을 조정할 수도 있다. 가장 기초적인 교통감응제어로 반감응 제어와 완전감응 제어로 나누어진다.

- 반감응 제어: 주도로와 부도로의 교통량 차이가 크거나, 직진과 좌회전 교통량의 차이가 큰 교차로의 효율적인 신호운영을 위해 사용하는 제어방법이다. 교통량이 상대적으로 많은 주도로 또는 직진차로에 신호를 부여하다가 부도로 또는 좌회전 차로에 설치되어 있는 검지기에 차량이 검지되면 부도로 또는 좌회전 차로에 신호를 부여하는 방법이다.
- 완전감응 제어: 교차로의 모든 접근로에 하나 이상의 검지기를 설치하여 사전에 정의된 한계치에 따라 녹색시간을 할당한다. 이 제어는 교통량이 비교적 적고 각 접근로간 교통량의 변동이 심한 독립교차로에 적절한 제어방법이다.

교통감응제어는 독립교차로제어나 연동제어에서 좌회전 등 특정 이동류에 대해 감응제어를 실시할 수도 있으며, 역시 고정시간제어 또는 실시간 교통대응제어가 이루어지는 교차로에 보완적으로 활용되기도 한다.

2.3. 교통신호제어기 종류

교통제어방법이 결정되면 어떤 신호제어기를 설치할 것인가를 결정해야 한다. 신호제어기의 종류에는 중앙컴퓨터와의 연결 가능 유무에 따라 일반 교통신호제어기와 전자 교통신호제어기로 나누어진다.

- 일반 교통신호제어기 : 현장의 제어기 단독 또는 인접한 교차로와 연계하여 운영할 수는 있으나 기능적으로 중앙컴퓨터와 연결되어 운영될 수 없는 제어기이다.
- 전자 교통신호제어기 : 현장의 제어기와 중앙컴퓨터가 연결되어 필요한 정보를 통신망을 통해 교환, 신호를 제어할 수 있는 제어기이다. 중앙컴퓨터와 연결하지 않고 독립적으로 일반 교통신호제어기처럼 같이 운영될 수도 있다.

어떤 교차로에 처음으로 신호등을 설치할 경우 어떤 제어기를 설치할 것인가는 장래의 신호제어 계획에 따라 달라진다. 만약 가까운 장래에 교통정보센터를 설치하여 중앙컴퓨터에 의한 신호제어를 계획하고 있을 경우에는 전자제어기를 설치하는 것이 보다 바람직하나, 이러한 계획이 없다면 일반 교통신호제어기를 설치하는 것이 비용측면에서 유리하다.

간선도로상의 몇 개 교차로의 신호를 연동하여 운영할 경우 대부분의 일반 교통신호제어기에서도 인접제어기를 직접 연결하는 케이블 연동이나 GPS 수신장치에 따른 연동이 가능하기 때문에 굳이 고가의 전자 교통신호제어기를 설치할 필요는 없다.

따라서 국도나 지방도 교차로나 전자신호화 계획이 없는 도시는 일반 교통신호제어기를 선택하고, 전자신호화된 구간 내에 신호등을 증설할 경우나 전자신호계획이 수립된 도시에서는 향후 센터와의 온라인을 고려해야 하므로 전자 교통신호제어기를 채택하여야 한다.

어떤 신호제어기를 선택하더라도 제어기의 기능을 사전에 확인할 필요가 있으며, 당장은 사용하지 않더라도 향후 신호개선 시 요구되는 기능을 수용할 수 있는 기능을 보유한 신호제어기 인지를 확인할 필요성이 있다.

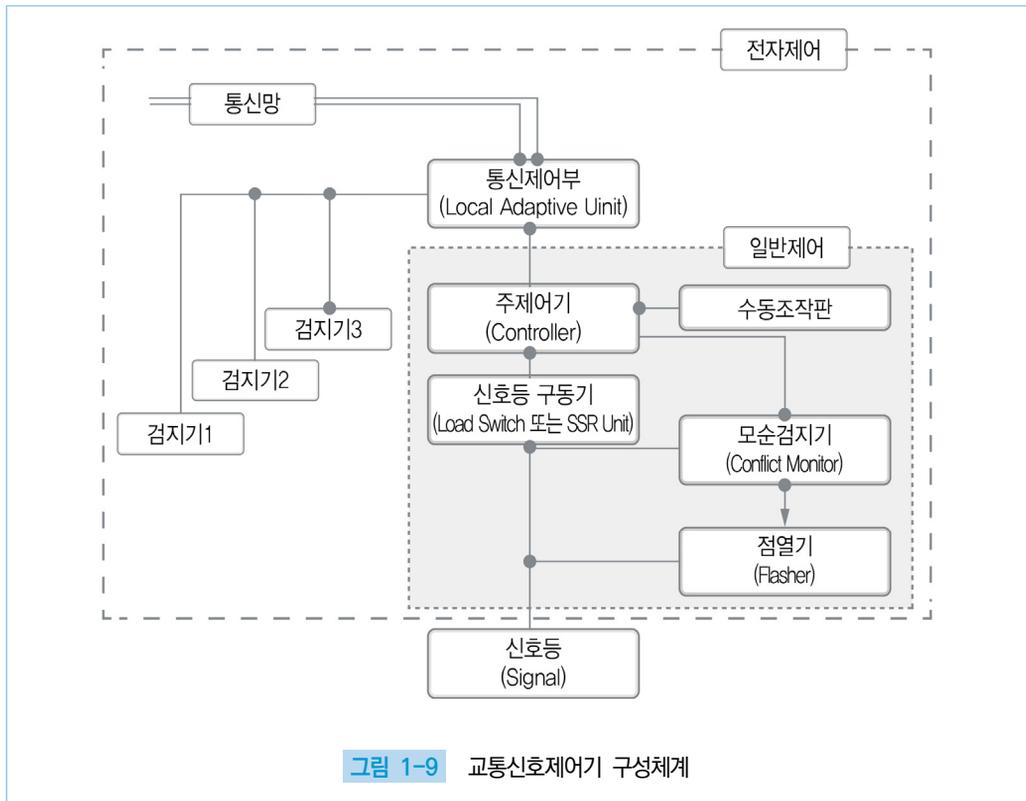


그림 1-9 교통신호제어기 구성체계

제3절 신호시간 계획

신호시간 계획이란 신호등 운영을 위한 현시체계, 주기길이, 녹색시간, 황색시간 및 전적색시간을 결정하는 과정을 말한다. 신호시간은 신호제어 방법, 교차로 형태 및 용량, 차량 및 보행자 교통량 등에 따라 달라진다. 그리고 고정 신호시간 제어와 교통감응 신호제어에서도 운영상 개념과 기능적 특성의 차이점 때문에 신호제어 전략이 서로 다르게 설정되며, 제어되는 범위가 독립교차로인지 혹은 간선도로 상에 위치하는 교차로인지, 혹은 연동화된 시스템 내 위치하는 교차로인지에 따라 다르게 설정된다.

실제 교통현장의 작업과정에서 신호교차로를 신설하여 새로 운영하거나 혹은 현재의 신호시간을 개선할 경우의 신호제어변수는 유사한 기하구조 형태 및 방향별 교통량 등 교통조건이 비슷한 교차로에서 효과적인 것으로 입증된 시간계획을 기초로 하여 적용할 수 있다. 이것은 대부분의 해당 지역 신호등 실무자들이 효율적인 운영을 위해서 요구되는 신호시간계획에 대한 경험을 가지고 있는 경우에만 가능하게 된다. 이런 과정으로 신호시간계획이 수립되면 다음으로 대상 교차로의 교통류가 안정되기를 기다리면서 모니터링을 실시한다. 만일 교통류가 안정된 후에도 해당 교차로 전체나 혹은 특정 접근로에 지나친 정지나 지체가 발생한다면 주거나 현시 등 신호시간계획이 잘못 설정되어 있는 것이므로 재조정을 통해 이를 보완하도록 해야 한다.

교통분석프로그램을 사용하여 정확하게 신호시간계산을 할 수 있는 많은 기법들이 개발되어 있어 이런 프로그램을 활용하면 신호제어변수를 비교적 합리적으로 산출해 낼 수 있다. 하지만 어디에서 사용하든지 혹은 어떤 산출기법을 활용하든지 신호시간계획은 항상 검증된 기법을 통해 최적화한 후 적용되도록 하여야 한다.

1. 신호시간계획 절차

1.1. 기본용어

신호시간계획을 수립하기 위해서는 교통신호와 관련하여 보편적으로 사용되는 용어에 대한 정의를 알고 있어야 한다. 교통신호운영에 활용되는 기본적인 관련용어는 다음과 같다.

- 주기(Cycle) : 신호교차로에서 진행 허용되는 자동차 움직임의 녹색시간을 각 방향별로 한 번씩 조합하여 표출하는데 소요되는 시간
- 간격(Interval) : 신호지시가 변하지 않는 구간으로 신호주기에서의 이산 비율
- 오프셋(Offset): 연속진행 교통신호 구현에 있어 기준 되는 신호교차로에서의 녹색등기시점과 다른 신호교차로 녹색등기시점의 차이로 초 또는 주기의 백분율로 나타낸 값

- 현시(Phase): 각 방향별로 움직임에 교통신호를 제공하기 위해 규정하는 최소 교통신호 표출단위
- 현시율(Split): 각 현시에 할당된 주기길이에 대한 백분율

1.2. 신호시간계획 목표 및 사전요구사항

신호시간의 설정은 다음의 운영적 요구목표를 만족시킬 수 있도록 합리적으로 계획되고 적용되어야 한다.

- 차량과 보행자에 대한 평균지체의 최소화
- 교통사고를 유발할 수 있는 잠재적 상충의 감소
- 교차로 각 접근로 교통처리용량의 최대화

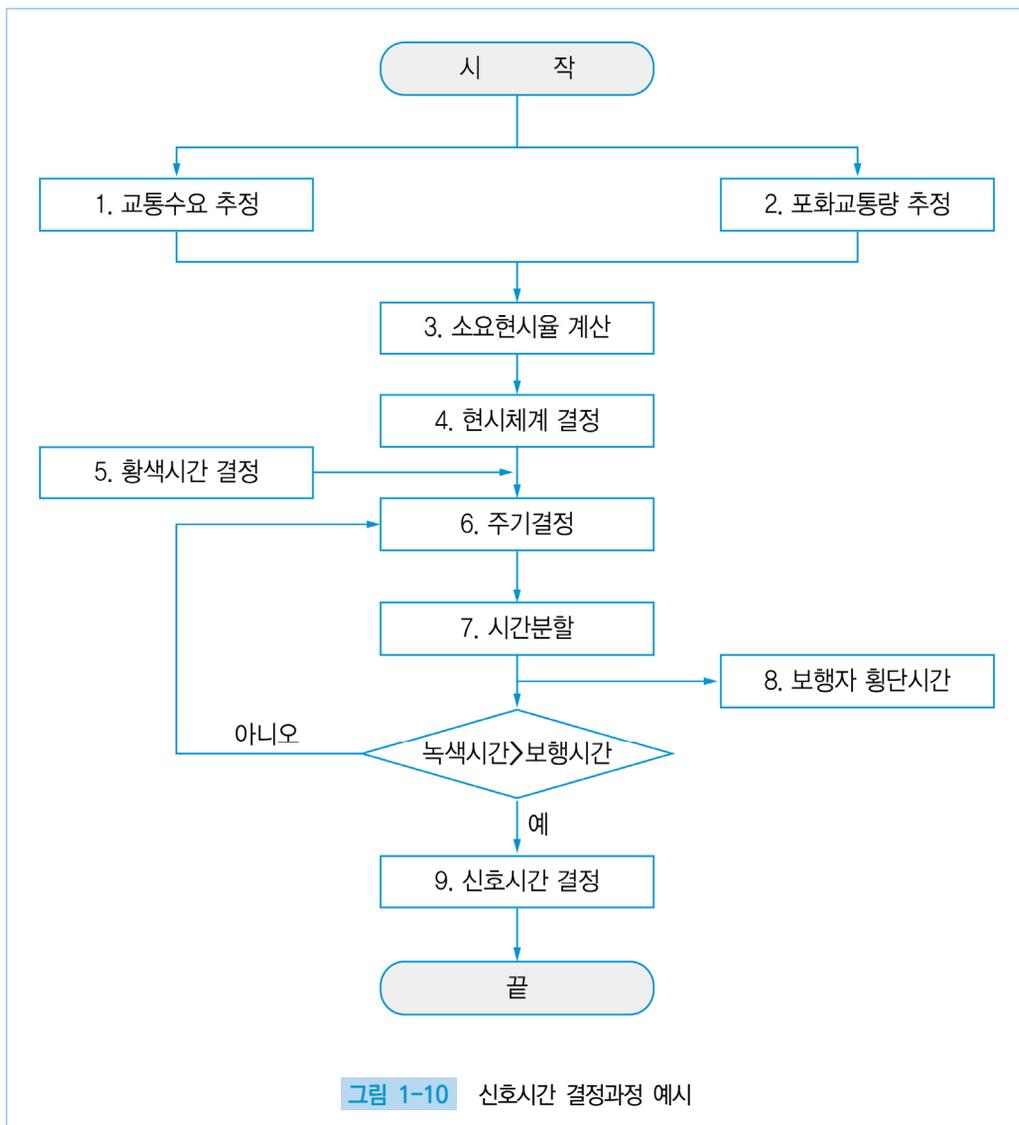
하지만 현실적으로 볼 때 위에서 제시된 모든 목적을 동시에 달성하는 신호시간계획을 수립하는 것은 불가능하다. 예를 들어, 교차로의 평균지체는 가능한 한 적은 수의 현시와 함께 주기길이를 최대한 짧게 함으로써 최소화 할 수 있을 것이다. 하지만 교통사고 잠재성을 줄이기 위해서는 상충지점 및 상충횟수를 최대한 적게 해야 하며 이를 위해서는 각 접근로별 이동류를 분리시킬 수 있는 4현시 이상의 다중 현시와 상대적으로 보다 긴 신호주기가 요구된다.

한편 접근로의 용량을 최대화하기 위해서는 수요에 부합하기 위해 현시 수를 최소화해야 하는 방향으로 신호시간을 설계해야 한다. 따라서 이렇게 다양한 목적사이에서 최대한 절충점을 찾기 위해서는 전문가나 실무자의 공학적인 판단을 필요하게 된다. 고정식 신호제어방식에서는 하나의 신호지시 순서와 시간이 지속적으로 반복된다. 이 운영방식은 교통 패턴이 규칙적이고 안정적이거나 접근로의 교통량 변화가 사전에 결정된 일정표에 따라 지원될 수 있을 정도로 예측가능한 곳에서 효과적으로 운영될 수 있다. 고정식 제어방식은 인접 신호등의 연동목적도 쉽게 달성할 수가 있으며 주기에서 각 신호지시 간격은 과거의 교통패턴에 기반을 두고 고정적으로 반복된다. 필요한 신호시간계획을 수립하는데 필요한 정보를 입수하기 위해서는 다음과 같은 조사가 사전에 필요하게 된다.

- 교차로 방향별 접근로에 대한 차량 및 보행자 통행량 등 교통조사
- 교차로 기하구조 조사
- 교차로 사고유형 및 사고건수를 포함하는 사고기록

1.3. 신호시간계획 과정

신호시간계획은 신호현시, 신호주기, 황색시간, 녹색시간 등을 결정하는 일련의 절차를 말한다. 일반적으로 신호시간계획 절차는 [그림 1-10]과 같이 진행된다. 신호시간계획을 수립하는데 있어서 모든 가능한 상황을 고려할 수 있는 보편적인 설계지침을 마련하는 것은 어렵다. 그러므로 효과적으로 신호운영을 하기 위해서는 설치초기에 설치된 신호운영을 모니터링하고 해당 교차로와 교통류의 특성을 반영할 수 있도록 정기적으로 신호시간을 개선하는 것이 바람직하다.



2. 현황조사

2.1. 교통량 조사

교차로의 교통수요 변화는 필요한 신호시간계획의 수를 결정하는데 있어서 중요한 결정 요소이다. 예를 들어, 2현시로 운영되는 교차로에서 A현시는 아침 첨두시간에 과부하가 걸리고 B현시는 저녁 첨두시간에 과부하가 걸리며, 그 이외의 시간에는 처리해야 할 교통량이 많지 않다면 신호시간은 최소 3개 이상의 사전 신호계획을 필요로 한다.

교차로의 신호시간계획을 수립하기 위해서는 그 대상 교차로의 교통수요를 측정해야 한다. 보통 교통량 측정은 일반적으로 오전 첨두시간, 오후 첨두시간, 비첨두 시간대로 구분하여 실시하며, 각 접근로의 방향별 교통량과 보행자 교통량을 하루 12시간 동안 15분 단위, 한 시간 혹은 주기 단위로 조사하며 차종 구성비도 조사하여 차종별 교통량을 정확히 파악할 수 있도록 해야 한다. 하지만 교통특성이 평상시와 다르게 나타나는 시간대가 있을 경우 이에 대한 교통수요조사도 함께 이루어져야만 합리적인 신호시간계획을 수립이 가능하다. 그러므로 대부분 지역의 신호시간계획 수립을 위한 교통수요조사는 다음 시간대에 반드시 이루어지도록 해야 한다.

- 오전 첨두시간대
- 비첨두 시간대
- 오후 첨두시간대
- 주말, 휴일, 혹은 특별히 교통량이 급격히 변동되는 시간대

교통량 조사시 각 접근로의 좌회전, 직진, 우회전 등 각 이동류별로 조사되어야 하며, 차종구분은 다음의 차종으로 구분하여 조사하는 것이 바람직하나, 최소한 소형과 대형차량으로 구분하여 조사되어야 한다.

- 소형 승용 : 승용
- 소형 승합 : 25인승 미만 승합
- 소형 화물 : 2.5톤 미만
- 대형 승합 : 25인승 이상 승합
- 대형 화물 : 2.5톤 이상
- 특수차량 : 트레일러, 건설기계 등

교통량을 소형과 대형으로 나누어 조사할 시는 소형과 대형차량의 기준은 다음과 같이 구분한다.

- 소형 : 승용차, 2.5톤 미만 화물, 25인승 미만 승합
- 대형 : 2.5톤 이상 화물, 25인승 이상 승합, 특수차량

2.2. 기하구조 조사

대상 교차로의 기하구조는 신호시간 설계 시 현시결정이나 황색시간, 보행자 신호시간, 좌회전 신호운영방법에 영향을 미치는 요소이다. 그러므로 교차로의 대상 접근로의 차로수와 차로폭, 공용차로의 여부, 교차로 횡단보도 횡단거리 등이 조사되어야 하며, 특히 좌회전 차로의 경우 좌회전 베이의 설치여부 및 길이 등도 조사되어야 한다. 그 외에도 교차로에 인접한 대중교통 정류장의 유무 및 노상 주·정차시설 등이 고려하여야 한다. 기하구조 조사에서 수집되어야 할 내용은 다음과 같다.

- 각 접근로의 폭, 차로수
- 좌회전 및 우회전 차로의 길이
- 교차로 폭원
- 차로의 이용형태
- 인접교차로간의 거리
- 기타 차량의 흐름을 방해하는 요인 등
 - 교차로 접근부 정지선의 상류부 75m 이내에 버스정류장
 - 교차로 접근부 정지선의 상류부 75m 이내에 노상 주정차시설
 - 교차로 접근부 정지선의 상류부 60m 이내에 진출입 차량

3. 교통수요 추정

교통량 조사시 차종별로 구분된 교통량은 승용차 교통량으로 환산한다. 이때 조사된 교통량 자료가 차종별로 세부적으로 조사되었다면 다음 <표 1-2>의 승용차 환산계수를 사용한다. 대형차량 중 트레일러 등 특수차량이 많은 교차로는 이들 차량에 대해서는 차종을 구분하여 조사하는 것이 좋다.

소형과 대형으로 구분하여 조사된 교통량을 승용차 환산교통량으로 계산하면, 승용차 환산교통량 = $\Sigma(\text{차종별 교통량} \times \text{승용차 환산계수})$ 으로 된다. 예를 들어 어떤 이동류의 소형차량 교통량이 300대/시간이고, 대형차의 교통량이 50대/시간이면 승용차 환산교통량은 $300 + (50 \times 1.8) = 390$ 승용차/시간이 된다.

표 1-2 승용차 환산계수

차종 구분	승용차 환산계수
소형(2,5톤 미만 트럭, 16인승 미만 버스)	1.0
중형(2,5톤 이상 트럭, 16인승 이상 버스)	1.5
대형(세미 트레일러 또는 풀 트레일러)	2.0

4. 포화교통류율 산정

교차로의 각 방향별 이동류에 대한 포화교통류율은 포화차두시간을 구하여 산출한다. 어떤 차로에서 대기하는 차량들은 녹색신호가 켜지면 정지선을 떠나 교차로에 진입하게 되는데 이 때 처음 출발한 몇 대는 초기에 출발지연을 나타내나, 그 다음부터는 거의 일정한 차두시간을 보이게 된다. 이를 포화차두시간이라 하며, 우리나라에서는 이상적인 조건일 때 이 값을 1.63초로 보고 있다. 포화교통류율은 한시간 동안에 계속 녹색신호만이 등화되며 차량의 계속 진행한다는 가정하에서 시간당, 차로당 교차로를 통과할 수 있는 최대 차량대수를 의미하며 3,600초를 포화차두시간으로 나누어 구하면 된다. 그러므로 이상적 조건하에서의 우리나라 포화교통류율은 차로당 $3,600/1.63 \approx 2,200$ 대/차량녹색신호시간/차로(pcphgpl)이 된다.

그러나 도로 및 교통조건이 이상적이 아닌 실제 현장조건에서는 포화교통류율의 값이 위의 값과는 다르게 나타나므로 현장에서 직접 이동류별 포화차두시간을 조사하여 구하던가 아니면, 우리나라 「도로용량편람」에 제시된 공식에 따라 이 값을 보정해서 구해야 한다. 하지만 현장에서 포화차두시간을 조사하기란 매우 어려운 일이기 때문에, 일반적으로 이상적 포화교통류율에 여러 도로 및 교통요인에 의해 발생하는 변화를 보정하여 사용하고 있다.

포화교통류율 보정과정은 차로폭, 접근로의 구배, 중차량의 혼입율, 좌회전 또는 우회전 교통류 영향, 버스정류장 또는 주차로 인한 방해 정도를 기본 포화교통류율에 반영하는 것으로 각각의 보정계수를 곱하여 실제 포화교통류율을 계산해야 한다. 그러나 이러한 모든 사항을 조사하여 정확히 보정하기란 결코 쉬운 과정이 아니며, 또 포화교통류율이 정확히 보정되었다 하더라도 조사된 교통량은 특정일, 특정시간대에 한해 일반적으로 조사됨으로써 정확한 포화교통류율을 산정한 후 조사된 교통량으로 신호시간을 계획하였다고 해서 신호운영 시 교통상황과 반드시 일치한다고 볼 수 없으므로 포화교통류율 산정에 너무 많은 노력을 기울일 필요는 없다.

따라서 간편법으로 접근하는 것이 보다 효과적일 수 있으며, 실제 신호시간 계획 시에도 적용되고 있다. 각 차로별 포화교통류율은 다음과 같이 적용한다.

- 직진차로 포화교통류율 : 2,000대/차량녹색신호시간/차로(pcphgpl)
- 좌회전차로 포화교통류율 : 1,800대/차량녹색신호시간/차로(pcphgpl)
- 우회전차로 포화교통류율 : 1,800대/차량녹색신호시간/차로(pcphgpl)

5. 소요현시율 계산

접근로의 이동류별로 포화교통류율과 교통량을 승용차 교통량으로 환산되면, 각 이동별 소요현시율을 구한다. 소요현시율이란 신호주기중 각 이동류에 할당되어야 하는 신호시간 비율로써 승용차 환산 교통량 (교통수요)을 포화교통류율로 나눈 값을 의미한다.

$$\text{소요현시율} = \text{승용차 환산교통량} / \text{포화교통류율}$$

여기서 소요현시율 계산을 위한 이동류는 좌회전, 직진, 우회전으로 구분하는 것을 원칙으로 하나, 우회전은 직진과 동시에 차량이 이동함으로 굳이 구분할 필요가 없이 직진 이동류에 우회전 이동류를 포함시켜 계산하면 된다. 그러나 우회전 전용차로가 제공되어 있는 교차로에서는 우회전은 고려하지 않고 좌회전과 직진에 대해서만 계산한다. 비록 우회전 차로가 설치되어 있지 않더라도 가장 바깥차로의 폭이 넓어 직진차량과 우회전 차량이 각각 2개 차로로 이용하고 있다면 우회전 이동류는 고려하지 않아도 된다. 즉, 신호시간 계산은 차량이 실제 접근로를 이용하는 형태를 반영해야 한다.

이것은 각각의 이동류가 전용차로를 갖고 전용현시에 의해 운영될 때만 정확한 결과를 산출해 낼 수 있다. 그러나 신호운영상에서는 좌회전과 우회전이 각각 공용차로를 가진 동시신호를 운영되는 교차로도 있기 때문에 이 경우에는 「직진 + 좌회전」 혹은 「직진 + 우회전」을 하나의 단일 이동류를 취급하여 포화교통류율을 산정하고 소요현시율을 결정하도록 해야 한다.

하지만, 기본적으로 회전 이동류가 직진이동류와 함께 차로를 이용토록 하는 것은 교차로에 운영상 비효율적이기 때문에, 소통효율의 증진과 합리적인 신호운영을 위해서는 각각의 이동류에 전용차로를 제공토록 해야 한다.

6. 현시체계 결정

6.1. 현시결정 시 고려사항

신호시간계획에 있어 가장 중요한 부분은 주어진 교통상태에 따라 적절한 현시를 계획하는 것이다. 신호현시는 통행권을 가진 이동류 혹은 동시에 통행권을 가진 이동류 조합에 할당된 신호주기의 일부분으로 정의된다. 여기서 이동류는 차량 혹은 보행자 단독의 이동류가 될 수도 있고, 차량과 보행자가 함께 이동하는 조합이 될 수도 있다.

신호현시를 결정할 때는 교차로의 지체와 상충을 최소로 할 수 있는 현시 조합을 선정해야 하나, 앞에서 언급한대로 이것을 동시에 만족시키는 것은 매우 어려운 경우가 발생하므로 이때는 전문가나 실무자의 경험적/공학적 판단에 따라 결정하도록 한다.

신호현시 계획시 고려해야 할 주요 사항은 다음과 같다.

- 신호현시는 상충되는 차량 동선의 위험을 최소화하는 방향으로 계획되어야 함
- 현시수의 증가는 손실시간의 증가를 초래하므로 현시수를 최소화하도록 함
- 현시계획은 도로 기하구조, 차로이용상태, 교통량, 접근속도, 횡단보도 보행자의 요구사항에 대해 일관성을 갖도록 해야 함
- 현시계획 시 도로에 필요한 안전표지 및 노면표시 설치계획도 함께 고려해야 함

교차로에서 활용 가능한 현시는 제한이 없지만 고정식 신호제어에서는 가능한 한 적게 현시수를 결정해야 한다. 4현시 이상의 다중 현시의 경우는 다른 현시에 할당될 수 있는 녹색시간을 감소시키며, 출발·소거손실시간, 현시변환시간 및 주기 증가 등으로 교차로 처리효율을 떨어뜨린다. 하지만 감응제어방식에서의 다중현시는 이동류의 교통수요에 따라 최소시간만 제공하거나 생략하여 운영할 수 있기 때문에 적절히 계획될 경우 소통효율을 증진시킬 수 있다.

교차로에서의 현시체계 결정문제는 결국 회전교통류 처리로 귀착되게 되는데 이는 좌회전 교통류를 어떻게 처리하느냐에 따라 전체 시스템의 효율성이 결정되기 때문에 신중히 판단토록 해야 한다. 일반적으로 좌회전 및 대향 직진 교통량이 증가함에 따라서 좌회전 차량이 적절하게 회전할 수 있는 간격이 줄어들게 되며, 따라서 전용 좌회전 현시의 제공이 필요하게 된다.

만약 교차로에 좌회전 전용차로나 좌회전베이(포켓차로)가 확보되어야 있는 상태라면 좌회전 실행하기 위해 기다리는 차량들의 대기공간을 확보해 줌으로써 어느 정도 문제를 완화시킬 수는 있지만 문제가 지속되면 좌회전 신호의 제공이 불가피하게 된다. 좌회전 차량을 처리하는 다른 대안으로 해당 교차로의 좌회전을 금지시키거나 교차로를 입체화하는 등 재설계하는 방법이 있으나 이와 같은 방법은 다른 인접 교차로의 부담을 크게 하거나 공사비용이 많이 소요된다.

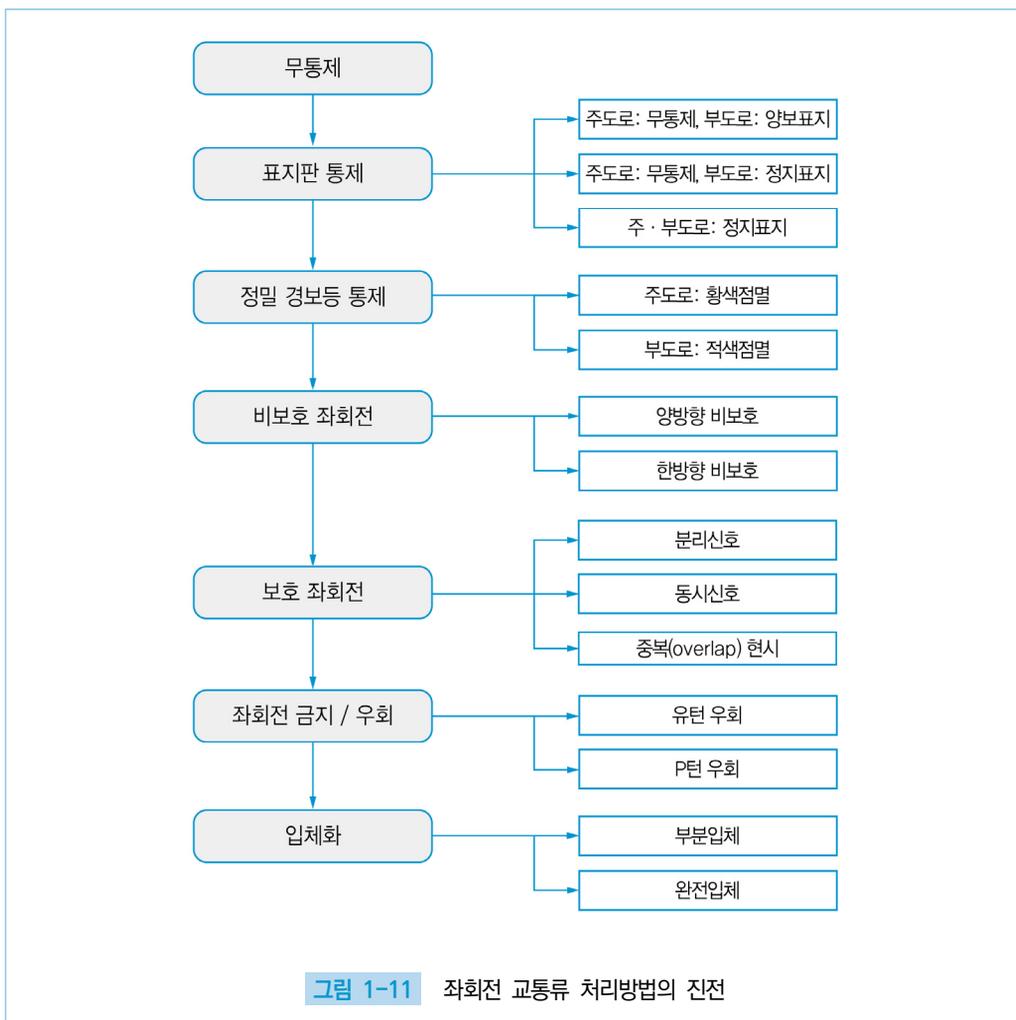
그렇기 때문에 현시체계 결정과정에서는 해당 교차로의 교통특성 및 기하구조, 제이기 형태에 따른 다양한 좌회전 처리기법 중 어떤 것을 선택하는가는 매우 중요한 사안이 된다.

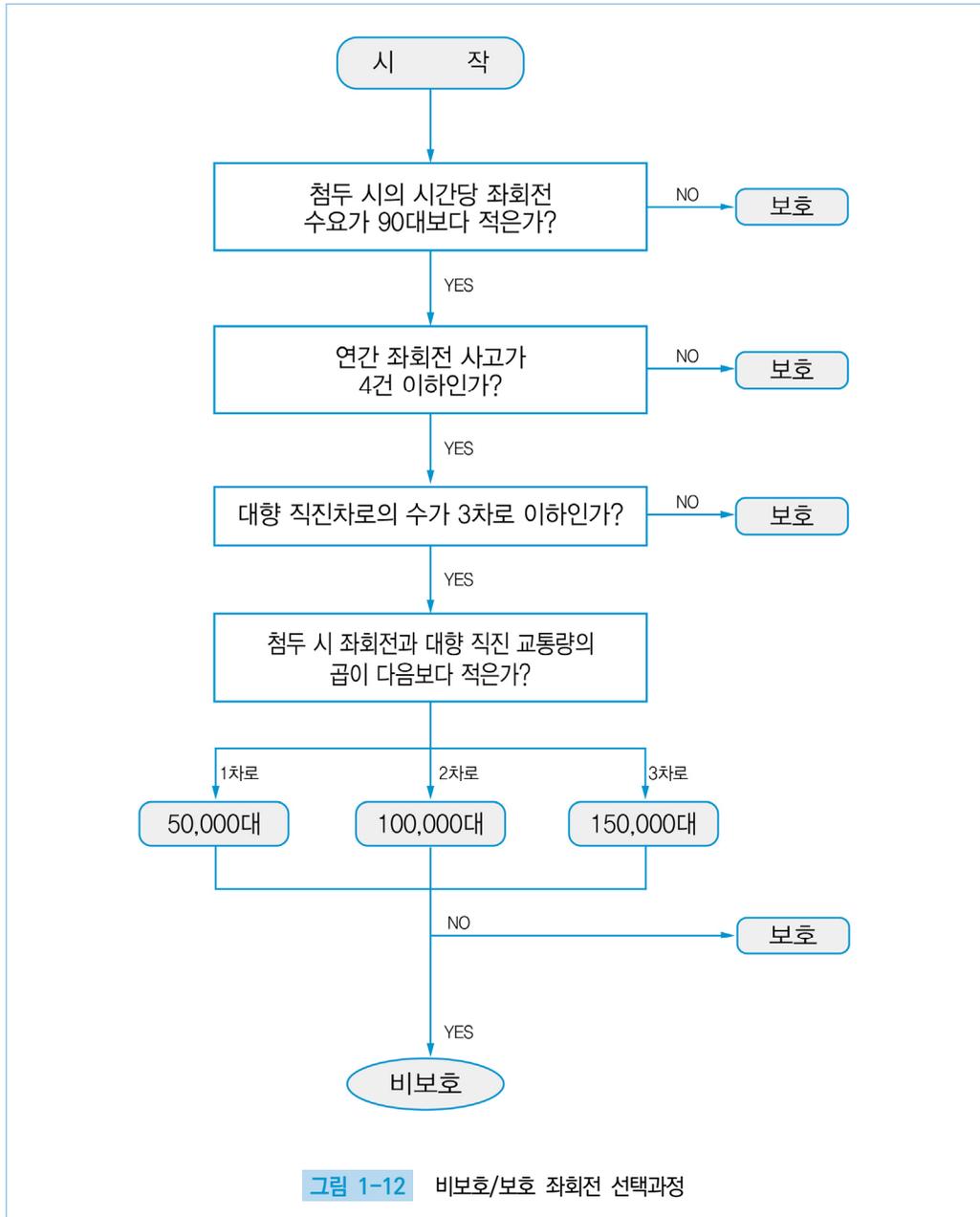
6.2. 보호좌회전과 비보호 좌회전의 결정

6.2.1 좌회전 방법 판단

일반적으로 좌회전 교통류를 관리하는 방법은 교차로 교통량이 많아짐에 따라 신호등이 없는 비신호교차로에서부터 교차로 입체화에 이르기까지 [그림 1-11]과 같이 진전된다.

신호등 설치기준에 적합하고 신호제어 방법이 결정되면, 신호방식을 결정해야 한다. 가장 먼저 고려되어야 하는 것은 좌회전 교통류를 비보호로 처리할 것인가 또는 보호좌회전으로 처리할 것인가에 대한 판단이 필요하다. 이와 같은 결정은 보통 좌회전하는 교통량과 대향 직진교통량을 고려하여 결정하는 것이 보통이나 대향차량의 접근속도 및 시거, 좌회전하는 차로수, 좌회전하는 차량과 보행자와의 상충정도, 그리고 과거의 교통사고 이력 등도 고려된다.





비보호 좌회전은 좌회전 교통량과 대향직진 교통량이 비교적 적어 별도의 좌회전 신호현시 없이 일정시간동안에 좌회전 수요를 처리할 수 있을 경우에 적용한다. 즉, 대향직진차량간의 차두시간이 좌회전할 수 있는 시간간격이 있을 시 비보호로 좌회전이 가능하다.

4지 교차로에서 좌회전이 비보호로 운영되는 경우 2현시 체계로 운영할 수 있기 때문에 주기가 짧아지고, 총 손실시간이 감소해 전체적으로 지체가 줄어들게 된다. 그러나 교통량이 증가하게 되면 좌회전 할 수 있는 기회가 점점 줄어들어 좌회전 차량의 대기시간이 증가하며, 차두간격이 충분하지 않을 때 무리하게 좌회전 감행할 경우 대향 차량과의 충돌사고로 이어질 수 있기 때문에 일정 수준이상의 교통량 및 기하구조 조건을 보이는 교차로는 보호좌회전으로 운영하는 것이 오히려 유리해진다.

6.2.2 보호/비보호 겸용 좌회전 운영 기준

보호좌회전 신호운영 교차로에서는 다음 사항 중 하나라도 해당되는 경우, 보호/비보호 겸용 좌회전 운영은 불가하다.

- 대향 직진차로수 4개 이상 또는 좌회전 사고건수 연간 5건 이상
- 제한속도가 70km/h 이상인 교차로
- 대향 직진차량 시거가 교차로에서 85m이상 확보되지 않는 교차로
- 차량의 교차로 접근속도가 높은 경우
- 교량의 교각 등 도로의 기하구조로 인해 시거가 확보되지 않는 교차로
- 휴가철·연휴 등 특정시기에 교통량이 급증하는 교차로

6.3. 좌회전 현시

좌회전 현시에는 두 가지 크게 대안이 있는데 보호좌회전이 직진 이동류 처리보다 먼저 이루어지는 선행 좌회전 방식과 좌회전 현시가 직진 이동류에 이어서 이루어지는 후행 좌회전 방식으로 나누어진다. 또한, 좌회전 현시는 양방향의 좌회전이 동시에 표출되는가에 따라 동시좌회전 신호와 분리좌회전 신호로 나누어진다.

고정식 신호제어에서 양방향 좌회전 교통량이 비슷하며, 좌회전 전용차로가 제공되는 교차로의 경우 동시좌회전 신호방식을 채택하면 효과적이다. 특히, 좌회전 현시체계 결정은 좌회전 교통류에게 제공되는 차로 형태가 좌회전 차량만이 이용할 수 있는 전용차로인가 혹은 직진과 좌회전이 함께 이용하는 공용차로인가에 따라 제한을 받게 된다. 좌회전 전용차로가 제공되는 경우에는 어떤 형태의 좌회전 방식을 적용하여도 무방하다. 하지만, 직진/좌회전 공용차로로 되어 있는 경우에는 분리 좌회전(직좌 동시신호), 비보호 좌회전 방식 중 하나를 선택하여 적용토록 해야 한다.

다음은 교차로의 남북간에서 이용될 수 있는 신호현시 방법과 각 현시의 접근 방향별 신호등화 색깔을 나타낸 것이다.

(이하 ● : 적색, ● : 황색, Ⓛ : 좌회전, ● : 녹색 의미임)

6.3.1 비보호좌회전 운영 현시

비보호좌회전은 녹색, 황색, 적색의 3색등을 사용하며, 직진시 비보호로 좌회전할 수 있다는 안전표지를 부착하여 운영하여야 한다.

대향방향 신호	●	●	●
이동류	↙ ↘		
진행방향 신호	●	●	●



그림 1-13 비보호좌회전 현시방법

6.3.2 보호/비보호 겸용 좌회전 운영 현시

보호/비보호 겸용 좌회전은 좌회전 현시를 운영하되, 직진 시 비보호로 좌회전할 수 있다는 안전표지(329 비보호좌회전)와 함께 안전표지(407 신호등화상태)를 부착하여 운영한다.

대향방향 신호	●	●	↻	●	●
이동류	↙ ↘		↙ ↘		
진행방향 신호	●	●	↻	●	●



직진신호시
좌회전가능

그림 1-14 보호/비보호 겸용 좌회전 현시방법

6.3.3 직·좌 분리신호

양방향 좌회전이 동시에 시작되고 끝난 후(전용좌회전) 양방향 직진이 동시에 이루어지는 방식을 선행 이중좌회전(Lead Dual Left)이라 하며, 이와는 반대로 양방향 직진현시 이후에 양방향 좌회전(전용좌회전)이 오는 경우를 후행 이중좌회전(Lag Dual Left)이라 한다.

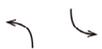
대향방향 신호					
이동류					
진행방향 신호					

그림 1-15 선행 이중좌회전

대향방향 신호					
이동류					
진행방향 신호					

그림 1-16 후행 이중좌회전

6.3.4 직·좌 동시신호

접근로의 좌회전과 직진신호가 동시에 시작되어 동시에 끝나며 대향 접근로도 동일한 방법으로 운영된다. 이 방식의 장점은 좌회전을 위한 별도의 차로가 반드시 필요한 것이 아니며, 좌측차로는 시간적으로나 공간적으로 직진과 좌회전이 동시에 이용할 수 있는 공용차로로 운영될 수 있다.

대향방향 신호					
이동류					
진행방향 신호					

그림 1-17 방향별 분리좌회전 현시방법

이 방식은 별도의 좌회전차로를 마련할 수 없거나, 또 한 접근로에서 좌회전 교통량이 차로당 직진교통량과 비슷할 때 사용하면 효과적이다. 그러나 각 현시에 보행자 신호를 고려해야 할 경우 최소녹색시간이 증가하여 결국 주기를 증대시키는 요인으로 작용할 수 있다.

6.3.5 중복(overlap) 현시

- 선행/후행 보호좌회전 (동시신호 → 직진 → 동시신호)

일방 보호좌회전의 선행 및 후행 좌회전을 합한 것으로서 좌회전 교통량의 차이가 많은 교차로에 적용될 경우 효과적이다. 즉, 북향 좌회전과 남향 좌회전의 교통량이 비슷할 경우는 동시에 좌회전 신호를 현시하는 이중좌회전 현시를 사용하면 되나, 남북간 좌회전 교통량의 차이가 클 경우 또는 시간대별로 좌회전 교통량의 변화가 심한 경우에는 이 선행/후행 보호좌회전 현시를 사용하는 것이 매우 효율적이다.

이 현시를 채택할 경우 양방향 직진신호가 들어오는 현시에 횡단보도 신호가 표시되어 보행자의 혼란을 야기하므로 인접한 횡단보도 신호는 직진신호 시작과 동시에 점등하는 것을 권장한다.

대향방향 신호						
이동류						
진행방향 신호						

그림 1-18 선행/후행 좌회전 현시방법

- 방향별 분리 및 양방보호 좌회전 (동시신호 → 전용좌회전 → 동시신호)

전용좌회전 현시와 동시신호가 합해진 것으로서, 좌회전 교통량이 직진에 비해 많을 경우에 사용한다. 그러나 이 현시를 채택할 경우 좌회전과 직진 동시신호 시 횡단보도의 보행자 횡단시간 고려한 최소녹색시간을 충족해야 하므로 주기길이가 증가하는 문제도 발생할 수 있다.

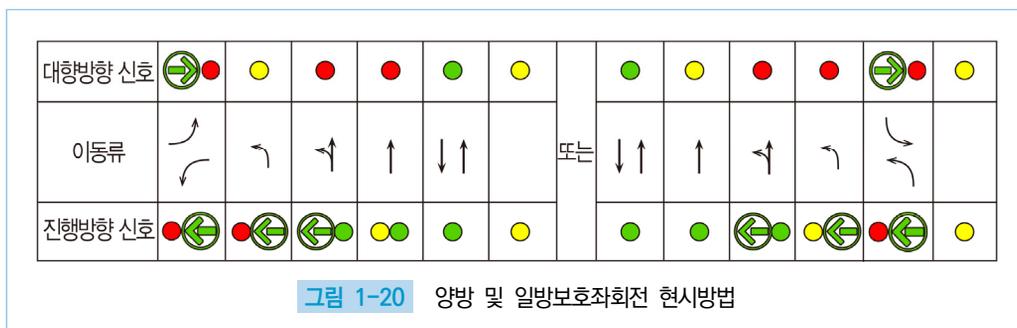
대향방향 신호						
이동류						
진행방향 신호						

그림 1-19 방향별 분리 및 양방보호 좌회전 현시방법

○ 양방 전용 및 일반보호 좌회전 (전용좌회전 → 동시신호 → 직진)

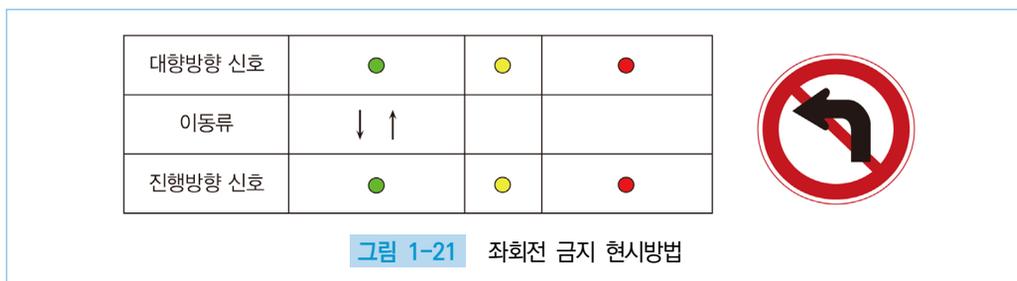
양방 전용 좌회전이 동시에 진행된 후에 일반보호 좌회전이 직진과 함께 진행되고(동시신호), 그 후 좌회전이 중단되면서 양방 직진이 진행된다. 이 방법은 어느 한 접근로의 교통량이 대향 접근로의 교통량과 큰 차이가 날 때 사용되며 우리나라에서도 간혹 볼 수 있는 통제방식이다. (직진-동시신호-전용좌회전 순서도 가능하다).

그러나 이 현시방법은 한 쪽 접근방향에서는 좌회전 신호가 점등된 후 황색신호가 점등되고 적색신호가 들어오도록 되어 있다. 그러므로, 좌회전 신호 종료 후 황색신호가 점등될 때 운전자들이 다음에 직진을 위한 녹색신호가 점등되는 것으로 오인할 수 있어 적용시 주의해야 하며, 특히 접근속도가 높고, 운전자의 조기출발 행태 및 신호무시 현상이 많이 나타나는 국도 상 신호교차로의 경우는 적용을 하지 않도록 해야 한다.



6.3.6 좌회전 금지 현시

좌회전을 금지할 경우 역시 녹색, 황색, 적색의 3색등을 사용하며, 가급적 좌회전 금지 표지를 부착하도록 한다.



6.4. 현시방법 결정

신호교차로를 효율적으로 운영하기 위한 현시의 수는 접근로의 수와 교차로 형태뿐만 아니라 방향별 교통량에 따라 결정된다. 가장 기본적인 현시는 2현시로, 교차하는 두 도로에 교대로 통행우선권을 부여하는 것이다. 좌회전 교통량이 많거나 보행자 교통량이 많은 교차로 혹은 접근로가 4개보다 많은 교차로는 차량간 또는 차량과 보행자 간의 상충을 줄이기 위해 3개 이상의 현시를 사용한다. 현시는 수가 많아지면 주기가 길어져 지체가 커지고 황색시간으로 인한 소거손실시간(Clearance Lost Time)이 많아지므로 바람직하지 않다.

상충되지 않는 교통류를 순서대로 진행시킬 때 한 현시 내에서 현시율이 가장 큰 이동류(Critical Movement)들의 현시율의 합이 가장 적은 것이 좋다. 다시 말하면 현시율, 즉 교통량비의 합이 가장 적으면 모든 이동류를 한 번씩 진행시키는 데 소요되는 시간, 즉 신호주기가 가장 짧아진다.

현시방법 결정을 위해서는 먼저 기하구조를 검토해야 한다. 즉, 전용 좌회전 차로를 설치할 수 있는지 유무에 따라 현시방법도 달라질 수 있기 때문이다. 그리고 횡단보도의 영향도 있다. 우리나라에서 현재 적용하고 있는 현시체계를 고려할 때 4지 교차로에서 주로 구현할 수 있는 현시방법은 다음과 같다.

표 1-3 4지 교차로에서 주로 구현할 수 있는 현시방법

1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

7. 최소녹색시간의 산정

최소녹색시간은 횡단보도를 고려해야 하는 현시와 횡단보도 신호를 고려할 필요가 없는 현시로 나누어 각각 결정한다.

보행자 횡단을 고려해야하는 현시의 최소녹색신호시간은 보행자가 안전하게 횡단보도를 횡단하는 시간이 된다. 어떤 현시에 고려되어야 하는 횡단보도가 양쪽에 있고, 횡단거리가 서로 다를 경우는 횡단거리가 긴 횡단보도를 기준으로 해당 현시의 최소녹색시간을 계산해야 한다. 이 시간은 보행자가 횡단보도에 진입하는 시간에 보행자가 보행속도에 따라 횡단보도를 건너는 시간을 더한 시간이다.

보행 신호를 고려하지 않아도 되는 현시의 최소녹색시간은 주교통류(보통 직진)인 경우는 15초, 주교통류가 아닌 경우는 5초로 한다.

▶ 최소녹색시간 (보행 신호고려 시)

$$= \text{보행자 초기진입시간}(4\sim 7\text{초}) + \frac{\text{보행자 횡단거리}}{\text{보행속도}(1.0\text{m/s})}$$

※ 어린이, 노인 및 장애인 등 교통약자를 위한 보행 신호운영 시

▶ 최소녹색시간 (보행 신호 고려 불필요시)

= 주교통류 최소 15초

= 주교통류가 아닌 교통류 최소 5초

8. 주기길이 계산

신호주기길이는 주어진 순차적인 현시순서를 한번 완결하는데 필요한 시간이다. 일반적으로 짧은 주기는 정지해 있는 차량의 지체를 줄여주기 때문에 더 효율적이나, 각 현시별 손실시간이 증가하기 때문에 교통량이 증가함에 따라 주기길이도 증가한다.

보통 신호교차로의 최소주기는 각 현시의 최소녹색시간과 황색신호시간의 합으로 계산된다. 주기길이를 설정하기 위한 다양한 종류의 기법들이 있으나 일반적으로 Webster방법에 따른다. Webster가 제안한 최적 주기길이를 산정하는 공식은 다음과 같다. 여기서의 최적주기란 교차로에서 지체를 최소화 할 수 있게 하는 주기를 말한다. 이 공식은 교차로가 v/c비 1.00이하의 과포화 상태가 아닌 교차로에 적용토록 해야 하며 과포화된 교차로에 적용할 경우 주기가 비정상적으로 높게 산출된다. 여기서 계산된 최적주기의 0.75배 또는 1.5배로 할 경우 차량의 지체에는 큰 영향을 미치지 않기 때문에 계산된 최적주기는 주변 여건을 고려하여 조정할 수 있다. 한편 인접한 교차로와 연계하여 운영되는 교차로의 주기는

연동되는 교차로군 내에서 가장 긴 주기를 따르도록 한다.

$$C = \frac{1.5L + 5}{1.0 - Y_i}$$

여기서, C = 최적 주기길이 (초)

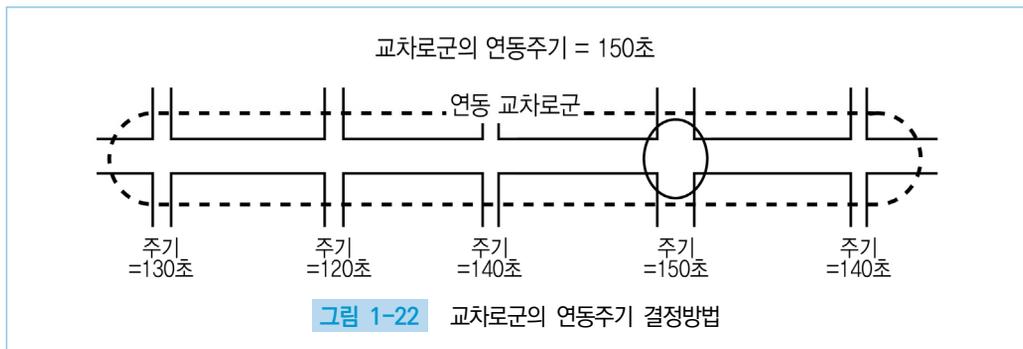
Y_i = i 현시때 임계차로군의 교통량비(교통수요/포화교통류율)

L = 주기당 손실시간 (초, $n \cdot l + R$)

n = 현시수

l = 현시당 평균 손실시간 (초)

R = 주기당 전체 전적색 시간 (초)



9. 현시별 녹색시간 배분

각 현시에 배분되는 녹색시간을 결정하기 위해서는 우선 산출된 주기 내에서 활용할 수 있는 총 녹색시간을 계산한다. 총 녹색시간은 주기에서 황색시간과 전적색시간의 합을 감한 시간이다. 현시별 녹색시간은 산출된 총 녹색시간을 각 현시의 임계차로의 소요현시율에 비례해서 할당하면 된다.

다음 공식에서 산출된 현시별 녹색시간은 다시 보행자 횡단시간 등을 고려한 최소녹색시간과 비교하여 하나의 현시라도 최소녹색시간보다 작게 산출되었을 경우 주기가 90초 이하일 경우는 5초씩, 100초이상일 경우는 10초씩 증가시켜가며 현시별 녹색시간을 재배분하여 최소녹색 시간보다 최소한 같거나 크게 되도록 조정한다.

1. 주기당 총 유효녹색시간 계산(G_e)
= 산출된 주기길이(C) - \sum (황색시간(Y)+전적색시간(R))
2. 각 현시 녹색시간 계산(G_i)
= 총 유효녹색시간($\sum G_e$) \times (현시별 소요현시율(X_i)/현시별 소요현시율 합($\sum X_i$))

제4절 신호연동계획

신호교차로는 상충되는 각 교통류들이 신호등 통제에 의해서 진행과 정지를 반복하는 지점으로써 교차로 하나하나가 도로축의 중요한 용량제약지점이기 때문에 연속적인 교통흐름을 저해하는 역기능도 하고 있다. 따라서 신호교차로에서는 차량의 지체와 정지수를 최소화하기 위한 효율적인 신호운영전략 수립이 필요하다. 특히 특정 지역이나 지구 혹은 신호교차로가 연속적으로 위치한 간선 도로의 차원에서 볼 때, 상류부 신호교차로에서 녹색신호를 받고 출발한 차량군이 다음 교차로에서 정지하지 않고 녹색시간을 이용하여 그대로 통과하도록 신호체계를 조정한다면 차량의 지체를 최소화 할 수 있을 것이다.

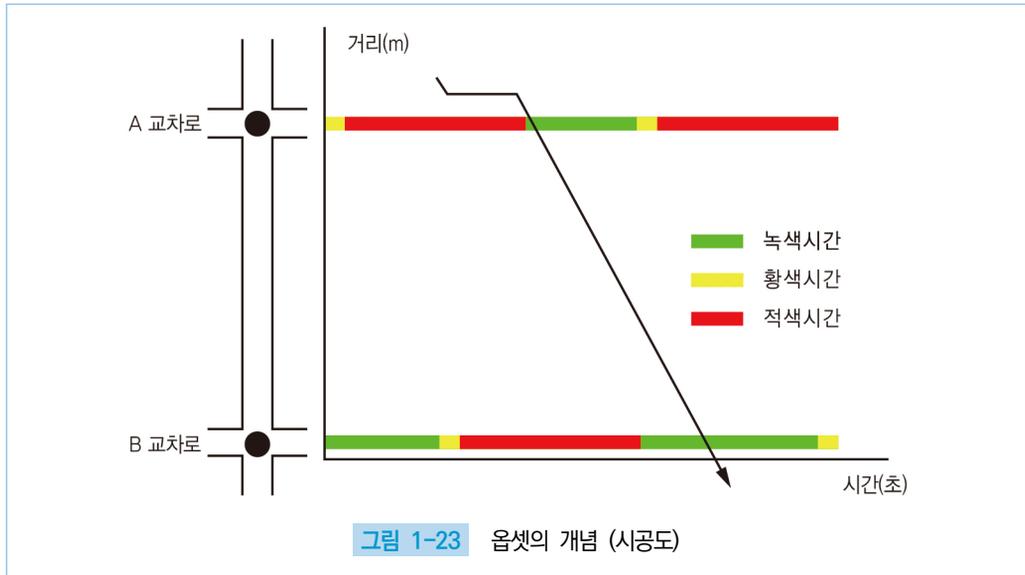
신호연동체계가 효율적으로 구축되어 있는 경우에는 교통수요가 많아 일부 교차로가 용량상태로 운영된다고 하더라도 각 개별차량이 느끼는 지체는 그리 크지 않게 된다. 하지만 용량이하로 운영되고 있는 교차로라 하더라도 연동방법이나 옵션이 적절하게 설정되어 있지 못하다면 개별차량들이 느끼는 지체는 매우 크다.

그러므로, 주행차량의 연속진행을 위한 신호교차로간 연동계획은 교통신호체계 운영에 있어 매우 중요한 과정이며, 도로운영상태, 각 교차로간 거리, 혼잡도, 접근로의 대기차량, 교통량, 주행속도, 현시율 및 현시방법, 신호주기 등을 종합적으로 고려하여 이에 적합한 신호연동기법을 적용할 수 있도록 해야 한다.

1. 신호연동 요건

다음 그림은 일방통행로상의 두 개 신호교차로를 연속진행할 수 있는 옵션(offset)의 개념을 나타낸 것이다. [그림 1-23]과 같이 가로축에 신호등화에 따른 경과시간을 나타내고, 세로축에 각 신호교차로간 거리를 도표로써 나타낸 것을 시공도(Time-Space Diagram)라 하며 신호연동계획시 차량군의 진행상황을 사전에 판단할 수 있게 해준다.

그림에서의 옵션이란 상대적 옵션의 개념으로써 「상류부 교차로의 녹색신호 시작시점과 하류부 교차로의 녹색신호 시작시점의 차이」를 나타내며, [그림 1-23]과 같은 경우 옵션은 $(t_2 - t_1)$ 이 된다. 이때의 옵션은 대기차량이나 기타 제약요건이 없는 이상적 상태에서의 옵션이다.



위 [그림 1-23]에서 보면 상류부를 출발한 차량이 사전에 계획된 연동속도(화살표의 기울기 : $\frac{v}{s}$)로 주행할 경우 다음 교차로의 신호에 의해 정지하지 않고 진행하게 되는데 이러한 개념을 간선도로나 도로망으로 확장하여 적용하면 신호 교차로에 의해 발생하는 지체를 최소화 시킬 수 있다.

신호연동계획을 수립하기 전에 먼저 고려해야 할 사항은 신호연동의 목적과 신호연동으로 발생할 수 있는 문제점 및 기타제약사항을 평가하는 것이다. 신호연동으로 발생하는 가장 큰 편익은 차량의 정지와 지체를 최소화하여 도로전체의 서비스수준을 향상시킬 수 있다는 것이며, 이 밖에 에너지 소비감소, 대기오염의 감소 등의 부수적 효과를 얻을 수 있다. 또한 신호연동계획 단계에서 적정속도를 유지할 수 있도록 차량의 주행속도를 제한할 수 있다. 계획된 연동속도를 초과하여 주행하는 차량은 각 교차로에서 자주 정지해야 하기 때문에 결국 계획된 연동속도를 따르게 된다.

실무자는 신호연동에 따른 발생편익을 종합적으로 고려해서 각 연동계획대안의 우선순위를 면밀히 검토한 후 적용토록 해야 하며, 적용 후에는 필수적으로 모니터링을 실시하여 운영효과를 평가하도록 한다.

다음으로 신호연동계획 수립에 요구되는 기초변수자료를 수집하고, 대상가로 중에서 연동조건을 악화시키거나 편익을 감소시킬 수 있는 요인들을 찾아내 적절한 대책을 강구해야 한다. 간선도로의 신호연동계획을 수립하는데 고려해야 할 기본적 요소는 다음과 같다.

1.1. 도로운영상태 평가

대상 가로가 일방통행으로 운영 중인지 혹은 양방통행인지를 평가한다. 일방통행도로의 경우 신호연동이 용이하고 차량군을 효과적으로 연속 진행시킬 수 있다.

1.2. 신호교차로간 거리

신호교차로간의 거리가 너무 길어지면 주행중인 차량군이 분산정도가 커지기 때문에 연동효과가 감소하게 된다. 일반적으로 신호 교차로간 거리가 800m 이하일 경우는 적극적으로 신호연동을 고려하고, 1,500m이상인 경우에는 주행중인 차량의 분산정도가 커져 신호연동에 따른 효과가 없는 것으로 보고 있다.

1.3. 접근로의 상태(대기차량/마찰요인)

이상적인 상태에서의 옵션은 교차로간 거리와 차량 주행속도만을 고려해 설정할 수 있으나, 실제로는 하류부 교차로의 차량 대기행렬길이 및 기타 노측 마찰요인(주·정차 활동, 도로구간 중간지점의 유입차량, 버스정류장 등)을 고려해 결정하도록 해야 한다.

1.4. 주기

연동화되는 교차로들의 신호주기는 동일하거나, 그 배수로 운영되도록 해야 한다. 이런 방법으로 연동시스템을 운영하는 것이 매우 비효율적으로 되는 경우 대상 교차로를 시스템 내에서 분리해 독립교차로로써 운영하는 방법도 고려될 수 있다.

1.5. 적정주행속도

연동시스템 내를 연속진행할 수 있는 연동속도가 사전에 결정됨으로 차량들의 주행속도를 일정범위 내로 유지하도록 할 수 있다.

1.6. 제약요건

신호연동에 따른 편익을 감소시킬 수 있는 제반요인을 평가한다. 신호연동 효과와 편익은 여러 도로조건과 교통상황에 의해 급격히 감소될 수 있으므로 계획단계에서 반드시 이를 고려하도록 한다. 신호연동 효과를 감소시킬 수 있는 요인은 다음과 같다.

- 부적절한 도로용량
- 주차 및 상/하차 활동 등 다차로 도로에서 유발되는 교통류 마찰요인

- 주행속도 분산의 증가
- 회전교통량이 많은 지점

신호연동계획은 간선도로축을 따라 연동화하는 간선도로제어와 특정 지역이나 지구 전체를 고려하여 연동전략을 수립하는 도로망제어 등이 있으며 제어되는 교차로 범위에 대해서는 사전에 결정되도록 해야 한다. 또한, 각 교차로의 현시체계가 어떻게 구성되어 있는지에 대해서도 면밀한 검토가 선행되어야 한다. 연동화되는 그룹내의 현시체계가 동일할 경우 신호연동을 실행하기가 용이하다.

일반적으로 간선도로 신호연동을 위해서는 동일한 신호패턴이 반복되어야 하기 때문에 고정식 신호제어기로 이루어진 신호체계가 효율적이다. 특정지역이나 지구를 고려하여 신호연동계획을 수립할 경우 교차도로에 대한 연동까지 고려해야 하기 때문에 매우 복잡하게 되며 주로 컴퓨터로 제어하는 신호시스템 내에서 적용하게 된다.

2. 신호연동을 위한 공통주기 설정

신호교차로의 주거나 현시와 같은 신호제어변수들은 각 교차로의 특성이나 접근로별 교통 수요에 따라 다르게 설정되게 된다. 하지만 신호교차로간 연동체계를 구축하기 위해서는 연동체계에 포함되는 각 신호 교차로의 주기를 공통적으로 동일하게 설정하여 운영하여야 한다. 이 경우 연동시스템 내의 각 교차로 중에서 가장 긴 주기를 운영되는 교차로의 주기를 기준으로 공통주기로 설정하여 운영하도록 한다. 이때 시스템 내에서 가장 긴 신호주기로 운영되는 교차로를 중요교차로(CI, critical intersection)라 부른다.

연동시스템 내에 교통량이 특별히 많은 교차로가 존재하여 혼잡상황이 빈번하게 발생할 경우 이 교차로를 기준으로 공통주기를 설정하는 것은 신호운영상 매우 비합리적인 결과를 초래하게 될 수도 있다. 이와 같은 문제가 발생할 경우에는 대상교차로를 연동체계 내에서 분리시키고 독립교차로로 운영하여 연동시스템을 두 개 분리하여 운영하거나, 또는 부분적인 연동효과를 얻기 위해 감응식 제어를 설치할 수 있다.

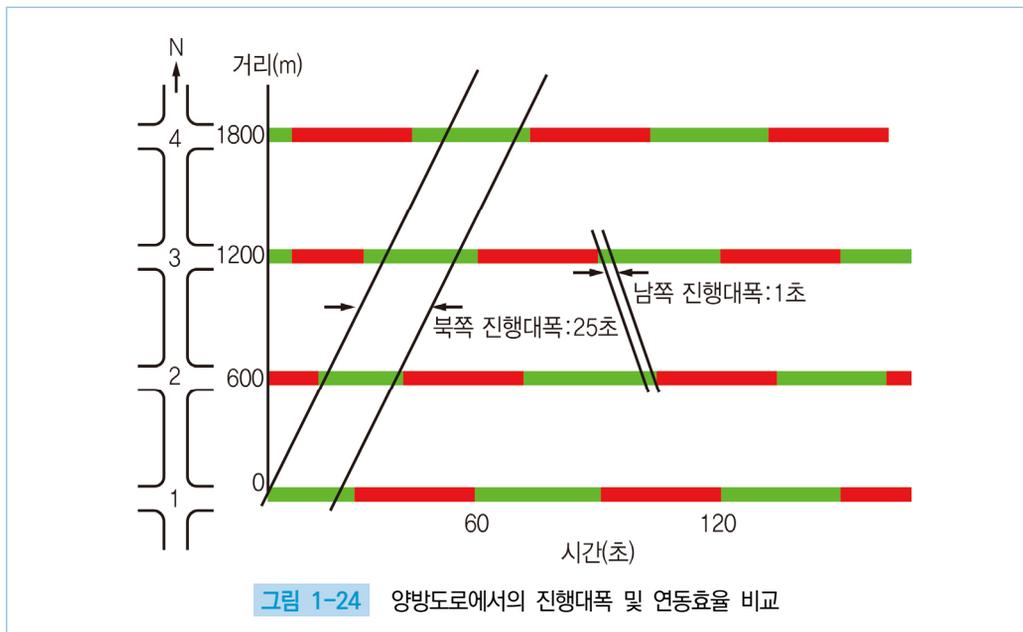
긴 신호주기 문제를 해결하는 또 다른 방안은 문제교차로의 주변 교차로를 따라 신호연동계획을 수립하여 주행차량이 혼잡교차로를 우회하여 진행할 수 있도록 하게 하는 미터링(Metering)기법을 적용하는 것이다. 하지만 이와 같은 기법은 인접한 도로축에 대한 신호연동에 영향을 미치고, 혼잡을 다른 교차로로 전이시킬 수 있기 때문에 적용하는데 주의가 필요하다.

공통주기가 설정되면 교차로간 거리와 계획주행속도를 고려해 옅셋을 결정하게 된다.

이렇게 공통신호주기와 옵셋이 결정되게 되면 시공도를 통해 각 방향별 연동효율을 구하고 이를 다시 조정하는 과정을 거쳐야 한다. 시공도에서 교차로간 녹색신호에 의해 연속적으로 진행할 수 있는 범위를 신호주기를 나눈 값을 연동효율이라고 하며, 연동효율이 40%~50% 정도면 연동시스템이 효과적으로 연동되어 운영되고 있다고 할 수 있다. 연동효율을 결정하는 공식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{신호연동효율} = \frac{\text{진행대폭}}{\text{주기길이}} \times 100$$

다음 [그림 1-24]는 4개 신호교차로에 대한 진행대폭 및 연동효율을 나타내고 있다. 북쪽으로 진행하는 이동류의 연동효율은 42%=[(25/60)×100]로 나타내며 남쪽방향 교통류의 연동효율이 훨씬 이에 못 미치기 때문에 재조정이 필요하다. 따라서 양방향의 교통류 처리가 동등하게 중요하게 취급해야 하는 경우에는 옵셋의 조절을 통해 남쪽방향 이동류와 북쪽방향 이동류가 비슷한 연동효율을 확보할 수 있도록 해야 한다.



하지만, 실제 현장에서 이와 같은 시공도를 작성하여 옵셋을 결정하는 것은 절차가 복잡하고 어렵기 때문에 시뮬레이션 프로그램을 활용하면 연동시스템의 진행대폭을 최적화할 수 있는 합리적인 옵셋값을 산출해 낼 수 있다.

3. 신호연동방법

양방향통행로에서 차량을 효과적으로 연속 진행시키기 위한 신호연동방법으로는 동시시스템, 교호시스템, 연속진행시스템 등의 방법이 있으며 각 운영기법과 제약요건은 다음과 같다.

3.1. 동시연동(Simultaneous System)

교차로간 길이가 매우 짧은 교차로가 연속적으로 존재하고 차량군의 주행속도가 매우 높은 경우 각 교차로의 녹색신호는 동시에 등화되도록 옵셋을 조정하는 것이 효율적이다. 이 경우 각 교차로간 옵셋은 0이 되며, 연동효율은 몇 개의 교차로간 연동화되었는가에 따라 결정되게 된다. 이러한 신호 연동방식을 동시신호시스템이라고 한다. 동시신호시스템 내에서 모든 교차로에 도착하는데 요구되는 주행속도는 다음 공식과 같이 구해진다.

$$V = \frac{C}{L}$$

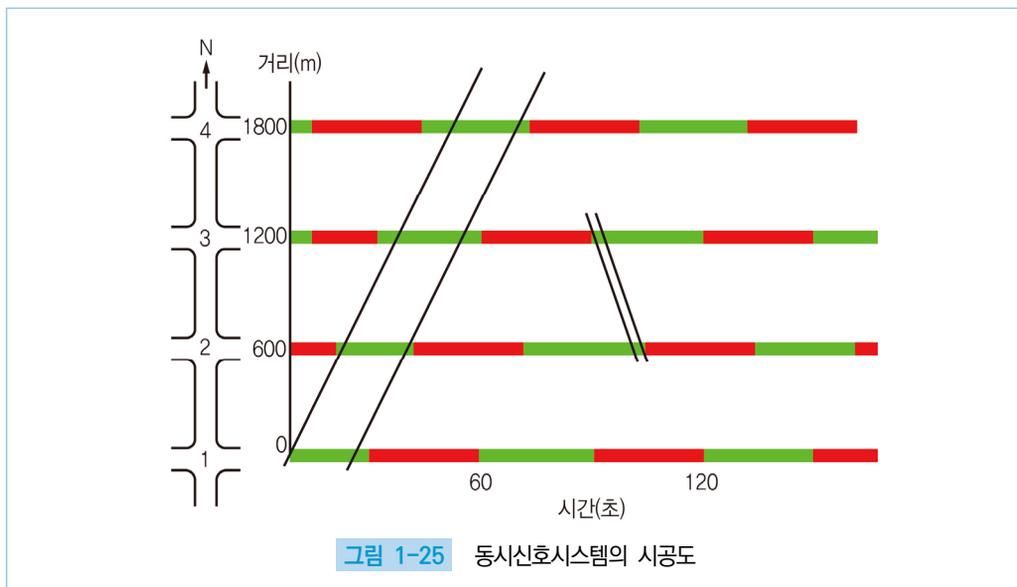
여기서, V = 연동속도 (m/s)

C = 신호주기 (초)

L = 교차로 간격 (m)

동시신호시스템은 구간길이가 매우 짧고 균일한 교차로가 연속적으로 존재할 경우 효과적으로 운영될 수 있으며 많은 교통량에 의해 대기행렬의 발생 가능성이 있는 지역에서 적용하면 대기차량을 효과적으로 소거시킬 수 있는 장점이 있다.

하지만, 동시신호시스템은 차량들이 동시에 정지하고 동시에 출발하기 때문에 교차로사이 도로구간에서 주행중인 차량이 다음 교차로 녹색신호를 받기 위해 과속을 하려는 경향이 발생하고, 주도로의 교통량이 너무 많은 상태에서 적색신호가 켜지면 부도로에서 진행하거나 회전하는 것이 어렵게 되는 등 여러 가지 단점이 가지고 있기 때문에 신호운영 실무에 적용할 경우 이와 같은 상황이 큰 문제를 유발시키는지에 대한 면밀한 검토가 필요하다.

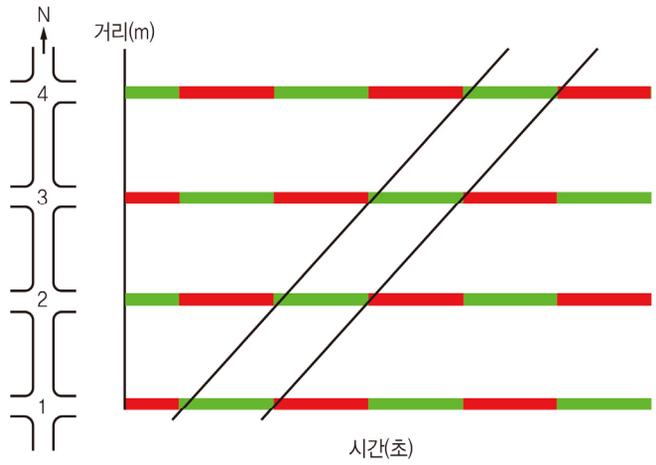


3.2. 교차연동 (Alternate Progression System)

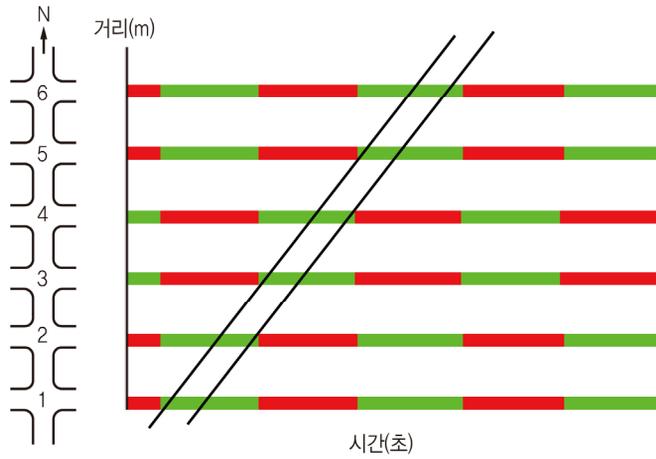
시간분할이 50:50이며, 교차로간 거리가 일정한 경우 인접교차로 또는 인접교차로 그룹의 신호가 정반대로 점등되면 차량의 연속진행을 확보할 수 있다. 이와 같은 연동방법을 교호시스템이라고 하며, 다시 단일교호시스템과 이중교호시스템으로 구분된다. 이중교호시스템은 교차로간 간격이 상대적으로 짧아 단일교호시스템을 적용하기가 적절치 않은 경우 사용될 수 있다.

즉, 주행속도(V), 교차로 간격(L), 주기(C)와의 관계가 「 $V/L=C/2$ 」를 만족하는 경우 단일교호시스템을 적용하고, 「 $L/V=C/4$ 」를 만족하는 경우는 이중교호시스템을 적용하면 차량을 효과적으로 연속진행시킬 수 있다.

교호시스템은 동시신호시스템보다 진전된 신호운영체계로써 합리적이고 높은 주행속도로 연속적인 주행을 가능하게 한다. 하지만 교호시스템은 교차로간의 길이 또는 교차로 그룹과의 길이가 동일하고 시간분할이 50:50인 경우에만 연동효과를 발휘할 수 있다. 시간분할이 50:50으로 구성된 경우 주도로와 교차도로의 녹색시간 배분이 동일하게 되어 자칫 신호운영이 비효율적으로 되기 쉽고, 교차로 간격이 균일하지 못한 경우 연동이 잘 맞지 않는 등 실무에 적용하는 데는 한계가 있다.



▲단일교호시스템▲



▲이중교호시스템▲

그림 1-26 단일교호시스템과 이중교호시스템의 시공도

3.3. 연속진행 연동

연속진행시스템은 상류부 교차로를 출발한 차량이 다음 교차로에 도착할 시간에 맞추어 그 교차로에 녹색신호를 점등하는 시스템으로서 오피셋은 교차로간 거리를 주행속도로 나눈 값과 같게 된다. 연속진행시스템은 교통현장에서 일반적으로 활용하고 있는 연동방법으로 교차로간 거리나 각 교차로의 시간분할에 영향을 받지 않는다.

연속진행시스템은 제약된 조건하에서 적용하는 동시신호시스템이나 교호시스템에 비해 훨씬 더 효과적이기는 하나 교통량의 시간대별 변동에 탄력적으로 대응하기 위해서는 신호연동시간을 이것에 맞추어 조정해 주어야 한다. 또한 연속진행시스템 내의 오피셋 설정 시 대기차량과 가로변의 교통류 마찰요인 등을 종합적으로 고려해 결정하도록 해야 한다. 연속진행시스템은 다음과 같은 장점을 가지고 있기 때문에 실무에 널리 활용되고 있다.

- 전체차량이 계획된 주행속도 내에서 지체를 최소화하며 주행하게 된다.
- 각 교차로의 현시분할을 동일하게 할 필요성이 없으므로 교통류 처리에 훨씬 효과적이다.
- 연동속도 이상으로 주행하는 차량은 자주 정지하게 됨으로 교차로 사이에서 과속을 억제시킨다.
- 교차로간 간격이 일정치 않아도 효과적인 연동효과를 거둘 수 있다.

4. 오피셋 결정방법

4.1. 한방향 우선오피셋

일방통행도로의 경우 한쪽방향의 이동류만을 고려하면 되기 때문에 양방통행도로에 비해 효과적인 연동계획수립이 가능하며, 운영효율을 극대화 할 수 있다. 다음 [그림 1-27]은 북쪽 방향으로 일방통행을 운영중인 도로를 따라 설정된 신호연동을 나타내고 있다.

여기서 계획 주행속도를 60km/h로 가정하면 각 교차로간 오피셋은 다음 <표 1-4>와 같이 결정된다. 이 경우 오피셋은 이상적인 상태에서의 오피셋이며, 양호한 연동효율로 차량의 연속 진행을 확보할 수 있다. 이와 같이 일방통행 시스템에서는 효율적인 신호운영과 교통류 관리가 가능하기 때문에 국내·외적으로 각 도시마다 교통혼잡을 해소하기 위한 대안으로써 양방통행도로의 일방통행제의 전환이 심도있게 검토되고 있는 상황이다.

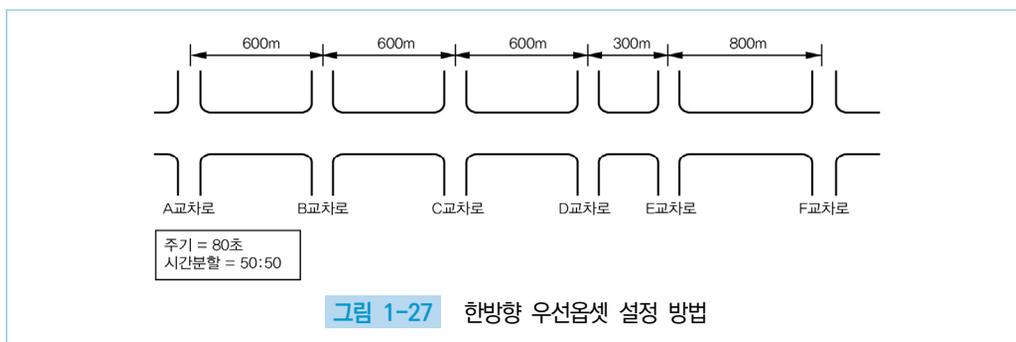


표 1-4 각 교차로간 옵셋값 계산사례

교차로	교차로간 거리(m)	통행속도(m/s)	옵셋 (초)
B	600	16.7	600/16.7 = 36
C	600	16.7	600/16.7 = 36
D	600	16.7	600/16.7 = 36
E	300	16.7	300/16.7 = 18
F	800	16.7	800/16.7 = 48

양방통행도로에서 한쪽방향에 대한 옵셋설정은 대항방향의 옵셋도 사전에 결정하기 때문에 방향별 교통량을 고려하여 신중히 결정하여야 한다. 하지만 양방향 도로라 할지라도 한쪽방향의 교통류 처리가 특별히 중요하여 다른 방향 교통흐름이 조금 지체되어도 좋을 상황이거나, 시간대별로 방향별 교통량의 차이가 뚜렷한 경우에는 주요방향의 교통류처리에 중점을 두고 연동계획을 수립하면 된다. 이때 오전첨두나 오후첨두시 등 시간대별로 방향별 교통량의 변화가 클 경우에 연동계획은 시간대별로 다르게 설정되어야 한다. 하지만 양방통행로를 일방통행도로와 같이 전적으로 한방향의 연속진행만을 고려할 경우 반대방향의 차량진행은 막대한 지체를 겪게 될 것이므로 한방향 우선옵셋을 설정할 경우에도 다른 방향에 대해서도 일정수준의 진행효율이 확보되도록 조정해야 한다.

[그림 1-26]의 시공도를 다시 예를 들면, 교차로 1과 교차로 3의 녹색신호시점이 조금 일찍 나타나도록 신호시간을 조정한다면 주방향인 북쪽방향의 연동효율에는 거의 영향을 미치지 않으면서 대항방향인 남쪽방향의 연속진행도 확보할 수 있게 된다.

4.2. 양방향 균형옵셋

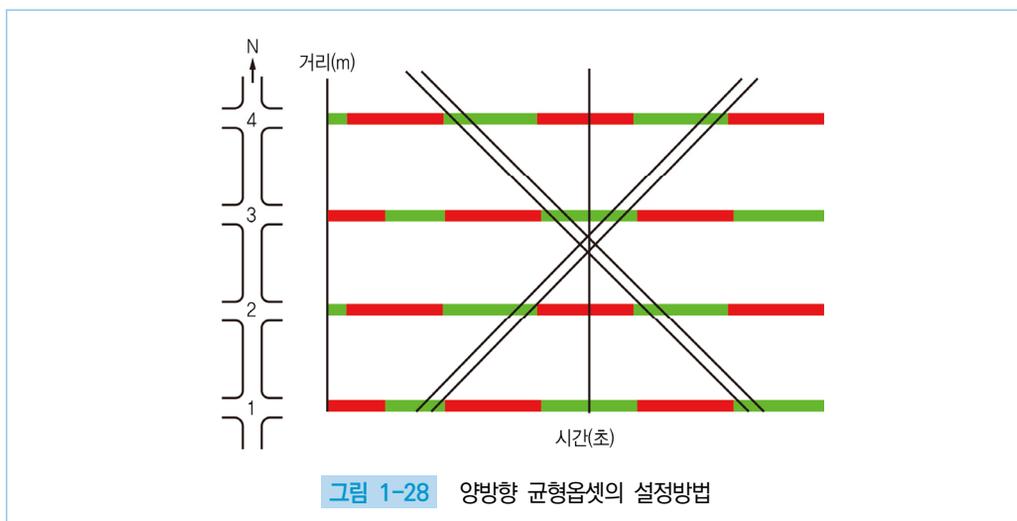
간선도로 대부분을 차지하고 있는 양방통행도로의 경우 대부분 양방향 교통류의 처리가 모두 중요하게 취급되어야 할 상황으로 나타난다. 이 경우 한쪽 방향만을 중심으로 하여 옵셋을 설정하여 운영한다면 대항방향의 교통류는 신호교차로마다 빈번하게 정지를 해야 하고 많은 지체를 경험하게 될 것이다.

양방향 교통류에 대한 동등한 진행대폭을 확보하기 위한 최적의 방법은 동시신호시스템이나 교호시스템을 적용하는 것이다. 이미 언급한 것과 같이 단일교호시스템은 양방향 진행대폭 효율을 25%로 할 수 있고 이중교호시스템은 진행대폭을 50%로 동등하게 운영할 수 있으며, 동시신호시스템의 경우 연동화되는 교차로수에 따라 연동효율이 다르지만 역시 양방향 이동류를 효율적으로 처리할 수 있다. 하지만, 동시신호시스템이나 교호시스템이 가지고 있는 여러 제약 요건으로 인해 적용할 수 있는 지점이 한정적일 수 밖에 없어 모든 교차로에 광범위하게 사용되지 못하는 단점이 있다.

그러므로 일반적인 조건하에서 양방향 교통류를 모두 효과적으로 진행시키기 위해서는 연동속도, 주기, 시간분할 등을 종합적으로 고려하여 시행착오(trial-and-error)법을 사용해 접근하도록 해야 한다. 즉, 연동시스템의 주기를 증가시킨다거나, 혹은 연동속도를 변화시켜 진행대를 나타내는 시공도의 기울기를 조정하는 방법을 통해 양방향 진행대폭의 효율을 효과적으로 조정할 수 있다. 일반적으로 시스템내의 주기길이를 증가시키면 일정수준 이상의 차량진행효율 확보가 비교적 용이하게 될 수 있으며 교차로 처리용량도 어느정도 증가하게 되지만 연동속도는 낮아지게 된다. 그리고 연동체계 내 전체 주기의 증가는 시스템 내의 차량대기시간의 증가나 지체의 확산도 초래할 수 있기 때문에 이를 반드시 고려하여 결정하도록 해야 한다.

다음은 신호연동화 계획시 대상 간선도로에 대하여 시공도를 작성하고 시행착오법을 이용해 양방향 교통류가 동등한 진행대폭을 갖도록 하는 절차를 나타낸 것이다. 이런 과정을 거쳐 완성된 시공도를 보면 교차로간 거리가 다르기 때문에 연동시스템내에 동시신호시스템과 교호시스템이 혼합되어 사용되어진 것을 알 수 있다.

- 시공도에서 기준이 되는 첫 교차로의 적색신호시간의 반을 수평축에 나타낸다.
- 기준 교차로의 녹색신호시점을 지나는 기울기로 선을 그리되, 이 선에 주행속도를 나타내도록 기울기를 결정한다.
- 기준 교차로 신호의 적색 또는 녹색신호의 중심선을 지나는 수직선을 그린다.
- 연동화 되는 모든 교차로의 적색 또는 녹색신호의 중간지점이 이 수직선을 지나도록 하면서 양방향 교통이 동등한 진행대폭을 갖게끔 주행속도, 주기, 시간분할을 시행착오법을 활용해 반복 조정한다.



이와 같은 대기차량의 영향으로 인해 하류부 교차로에 대기차량이 증가할수록 오프셋은 「+」값에서 「-」값으로 이동하게 되며, 일정시점에서는 상류부 교차로와 하류부 교차로의 녹색신호가 동시에 점등되는 것이 연속진행에 효율적이 된다. 즉, 대기차량이 일정수준이상 증가하게 되면 상류부에서 유출된 차량이 대기차량 후미에 도착하기 전에 대기차량을 먼저 소거시키기 위해 상류부 교차로의 녹색신호보다 하류부 교차로의 녹색시간 먼저 점등되어야 한다는 것을 의미하게 된다. 이 경우 녹색신호가 점등되는 시각적 이미지는 차량의 진행방향과 반대인 상류부를 따라 이동하게 된다.

$$t_{adj} = \frac{L}{V} - (Nh + Loss_1)$$

여기서, t_{adj} = 대기차량을 고려한 오프셋 (초)

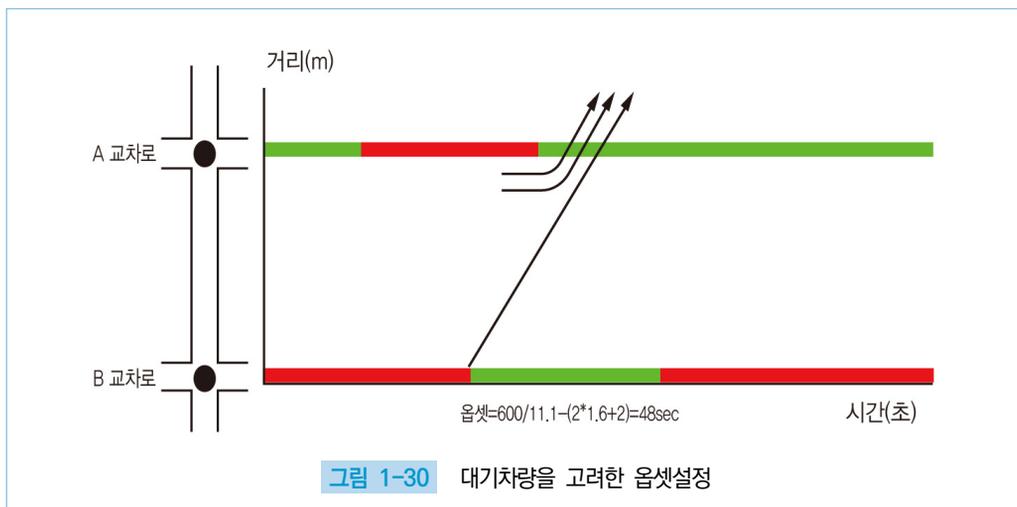
L = 교차로간 길이 (m)

V = 주행속도 (m/s)

N = 대기차량수 (대)

h = 대기차량의 유출차두시간 (초/대), 보통 1.7초 사용

$Loss_1$ = 첫 번째 교차로에서 경험하는 차량의 출발손실시간(초), 보통 2초 사용



4.4. Equity 옵셋

도시부 지역의 경우 차량이 지속적인 증가와 도로시설의 공급부족으로 인해 만성적으로 정체 발생하고 있다. 특히, 오전 출근시간대나 오후 퇴근시간대의 경우 특정한 주요교차로의 처리용량을 훨씬 초과하는 교통수요가 집중되어 극심한 혼잡현상이 발생하고 있다. 이런 경우 지속적인 용량부족으로 인해 주기가 반복될수록 하류부 교차로 접근상에 대기차량은 증가하게 되고 결국은 상류부 교차로의 녹색신호가 점등되어도 차량이 교차로를 진입할 수 없는 앞막힘 현상(spillback)이 발생하게 된다. 앞막힘 현상이 발생하게 되면 교차도로의 차량도 진행하지 못하게 되고 결국 교통흐름이 와해되어 버리는 결과를 초래하게 된다.

앞막힘 현상이 발생했거나 발생할 가능성이 있는 경우에는 기존의 연동방법을 통해서 혼잡을 가중시킬 수밖에 없게 된다. 즉 대기차량이 증가할수록 옵셋은 전방향진행 옵셋(forward progression)에서 동시진행 옵셋(simultaneous progression)으로, 다시 후방향진행 옵셋(reverse progression)으로 변경되어야 하지만, 대기차량 길이가 도로구간의 길이에 접근하게 되면 신호연동은 그 기능을 상실하게 되고 결국 앞막힘 현상이 발생하게 된다.

이러한 혼잡을 사전에 예방하고 교차도로의 이동성을 확보하기 위한 방안으로 제안될 수 있는 것이 Equity 옵셋을 활용하는 것이다. Equity 옵셋은 앞막힘 현상이 발생했거나, 발생할 가능성이 있는 주요 교차로의 상류 교차로에 혼잡을 예방하기 위한 목적으로 사용되며, 상류부 교차로 내에 차량이 소거되는 시점에 교차도로의 녹색신호가 점등되어 차량의 이동성을 확보하며 혼잡한 도로구간으로의 차량진입도 억제하여 기존 도로용량을 최대한으로 사용하기 위해 적용한다.

Equity 옵셋은 교통량과 차량 대기행렬의 증가추세에 따라 적용시기를 적절히 선택할 경우 앞막힘 현상을 사전에 예방할 수 있고 교차도로의 녹색시간을 효율적으로 활용할 수 있어 도심전체의 교통혼잡 해소에 기여할 수 있지만, 한산한 교통상태에서 적용할 경우 오히려 주도로 차량의 연속진행을 방해하여 처리효율을 떨어뜨리게 되는 결과를 초래하게 된다.

제5절 특수 신호운영

신호등의 특수운영에는 점멸등 운영, 전적색 운영 등이 있다. 신호등이 항상 점멸등으로 운영될 경우 이외에는 절대로 교통안전표지(227, 일시정지)를 신호교차로에 설치해서는 아니 된다.

교차로의 신호등 주변의 교통안전표지는 신호등의 시인성을 손상하지 않는 범위 내에서 설치하여야 하며, 신호등의 설치위치나 시인성은 이 밖의 모든 교통안전시설보다 우선적으로 고려되어야 한다.

1. 점멸신호운영

권 장

- 점멸신호운영은 다음에 해당하는 곳은 제외한다.
 - 시거가 불량하거나 또는 비정형 교차로, 철길 횡단도로
 - 도로 상에 조명시설이 설치되지 않은 곳
- 점멸신호운영은 아래와 같을 때 운영 가능하다. 이 경우 주도로와 부도로의 통행우선 순위를 명확히 하기 위하여 교차로의 주도로는 황색 점멸신호로, 부도로는 적색 점멸신호로 운영하여야 한다.
 - 점멸신호운영 시간대에 주도로 양방향 교통량이 400대/시간 미만*이고 각 횡단보도 보행 교통량이 100명/시간 미만인 곳
 - * 주·부도로 교통량비가 4대1보다 큰 교차로는 '600대/시간 미만'으로 적용 가능
 - 연간 교통사고 3건 이하(중상사고 이상 1건 발생 시 재검토)
 - 왕복 4차로 이하, 제한속도 60km/h이하
(다만, 차로수·제한속도 기준 초과 시 교통안전심의위원회를 통해 운영 여부 결정)
- 점멸신호는 1분간 50~60회로 점멸되어야 하며, 점등시간은 한 점멸주기의 1/2~2/3가 되어야 한다.
- 점멸신호운영은 심야시간대인 24:00~05:00에 적용한다. 다만, 필요시 교통량 등 기준에 따라 점멸시간을 조정할 수 있으며 이 경우 심야시간대를 포함하여 연속적으로 운영되어야 한다.
- 어린이 보호구역 내 평일 낮(07시~20시)에는 점멸신호운영을 금지, 부득이 점멸신호를 유지해야 하는 경우, 보행자 작동신호기를 필히 설치한다.

- 신호등이 고장났을 경우에는 잘못된 신호가 현시되지 않도록 즉시 적색 점멸신호로 운영되어야 한다.
- 정상적인 운영에서 점멸등으로 변환할 경우 주도로의 적색신호시에 시작되어야 하며, 점멸등으로 운영하다가 정상적으로 변환될 때에는 주도로부터 진행신호가 등화되어야 한다.
- 야간 점멸신호를 운영하는 장소에서 보행자 교통안전 확보가 필요한 경우, 보행자 작동신호기를 설치할 수 있다.
- 어린이 보호구역 내 보행 신호등이 설치되어 있지 않은 횡단보도(무신호 횡단보도)가 운영 중인 교차로 내에서는 전방향 적색 점멸신호를 운영한다.

해설

신호등이 정상적으로 운영될 경우에는 모든 진입로에 대하여 항상 1개 이상의 등화를 표시하여야 하며, 신호등이 고장난 경우에는 잘못된 신호가 현시되지 않도록 즉시 적색 점멸신호로 운영해야 한다. 점멸신호의 점등시간은 한 점멸주기의 1/2~2/3가 되어야 하는데, 1분간 60회 점멸될 경우 한 주기는 1초이며, 이 중에서 점등시간은 0.5~0.67초, 소등시간은 0.33~0.5초가 되어야 한다.

야간 점멸신호운영은 불필요한 신호대기를 줄여 에너지 감소 및 교차로 효율성 증대의 효과가 있다. 점멸신호운영 시에는 보행자 안전과 보행자 횡단 기회 제공을 위해 보행자 작동신호기 설치를 권장한다.

어린이 보호구역 내 설치된 횡단보도 중 신호기가 설치되지 않은 횡단보도 앞에서는 보행자의 횡단여부와 관계없이 정지하여야하므로, 황색 점멸신호를 운영 중인 경우(주도로 황색점멸, 부도로 적색점멸)에는 전방향 적색 점멸신호로 개선하여 운영하는 것을 권장한다. 다만, 모든 방향 적색 점멸신호 운영에 따라 지정체 발생, 사고 위험 등이 우려되는 경우에는 현장여건을 고려하여 정상신호로 운영하는 방안을 검토한다.

2. 경보형 경보등

기준

- 학교앞 300m 이내에 신호등이 없고, 통학시간의 차두시간 간격이 1분 이내인 경우에 설치한다.
- 다른 신호기가 설치되지 않고 차량 통행이 잦은 횡단보도 또는 통행의 우선순위가 필요한 교차로에 적색 또는 황색으로 설치한다.
- 통행의 우선순위가 필요한 교차로에서 폭이 넓거나 차량 통행량이 많은 등 통행 우선이 필요한 도로에는 황색, 폭이 좁거나 차량 통행이 적은 등 다른 도로에 통행 양보가 필요한 도로에는 적색으로 설치한다. 다만, 통행의 우선순위가 명확하지 않은 경우 모두 적색으로 설치할 수 있다.
- 차량 통행이 빈번한 철길건널목에 설치해야 한다.
- 장애물로 인하여 교통사고 위험성이 있는 도로에 주의표지와 같이 황색으로 설치한다.
- 신호기가 급커브·곡선구간에 설치되어 교통사고 위험성이 있는 경우 신호기 예고표지와 같이 황색으로 설치한다.
- 도로 곡선부 등에서 시선유도기능으로 사용할 수 없다.
- 운전자의 시인성(視認性 : 대상물의 존재 또는 모양이 먼 거리에서도 알아보기 쉬운 성질을 말한다. 이하 같다) 확보를 위해 동일 색상의 신호등 2개를 좌우로 연달아 설치할 수 있다.

해설

경보형 경보등은 황색 또는 적색 점멸등으로 운영되는 차량 신호등으로서, 학교 앞 300m 이내에 신호등이 없고, 통학시간의 차두시간 간격이 1분 이내인 경우와 신호기가 없고 차량통행이 빈번한 횡단보도 또는 보호구역, 철길건널목에 설치한다.

경보형 경보등은 1분간 50~60회로 점멸되어야 하며, 동일 색상을 2개 부착하여 사용하는 경우 번갈아가면서 점멸해야 한다. 경보형 경보등은 운전자를 포함한 도로이용자에게 혼란을 주어서는 아니되므로, 도로의 곡선부 등에서 운전자의 주의를 촉구하고 시선을 유도하는 시선유도시설의 기능으로 설치되어서는 아니 된다.

권장

- 설치장소별 운영 방안
 - (횡단보도·교차로) 보행자 안전을 위한 횡단보도, 통행의 우선순위가 필요한 교차로는

적·황색점멸등화 모두 운영 가능하며 주도로는 황색점멸등화, 부도로는 적색점멸등화로 운영한다. 다만, 통행우선순위가 명확하지 않은 경우에는 주도로와 부도로 모두 적색점멸등화로 운영할 수 있다.

※ 왕복 5차로 이상 또는 제한속도 70km/h 이상인 장소에서 일시정지가 필요한 경우, 신호제어기 설치 권장(교통운영과-586('19.3.22.) 야간 점멸신호운영기준 참고)

- (어린이보호구역 내 무신호횡단보도) 보행자 횡단여부와 관계없이 일시정지를 해야하는 어린이 보호구역 내 신호기가 설치되지 않은 횡단보도 앞은 적색 점멸등화로 운영한다.
- (철길 건널목) 항상 일시정지를 해야하는 철길 건널목에서 주의 의미인 황색점멸은 부적합하므로 적색 점멸등화로 운영한다.
- (장애물·곡선구간) 장애물이 있는 도로, 전방에 신호기가 설치된 곡선구간에서는 기존대로 황색 점멸등화로 운영한다.

3. 가로형이색등

권 장

- 가변차로의 가로형이색등은 한 진행방향이 녹색화살표시(하향)에서 적색 「×」표 표시로 변환되는 동안 대향의 교통신호등도 이와 연동화하여 적절히 변환되어야 한다. 적색 「×」표 표시에서 녹색화살표시(하향)로 변환되는 경우도 이와 같다.
- 가변차로의 신호를 변환하고자 할 때에는 녹색화살표시(하향)에서 적색 「×」표 표시 점멸로 변환시키고, 그 후 적색 「×」표 표시 등화로 변환시킨다.
- 적색 「×」표 표시 점멸시간은 가변차로 운용구간 내의 차량이 우측차로로 변경할 수 있는 충분한 시간이어야 한다.
- 적색 「×」표 표시(하향) 등화 및 점멸시간 중에는 대향의 교통신호는 적색 「×」표 표시 등화가 계속되어야 한다.
- 신호등이 설치된 교차로에는 가로형이색등을 설치하지 않는다.

해설

가변차로를 변경시키고자 할 경우는 하향 녹색화살표시(↓)에서 일정시간 적색 「×」표시 점멸로 변환시키고 난 후, 적색 「×」로 변환시켜야 한다. 이때 배면 신호등은 전면의 적색 「×」표시 점멸시간 동안에는 적색 「×」를 유지하고, 전면 신호등이 적색 「×」로 변경될 시 녹색↓로 변경되어야 한다.

여기서 적색 「×」표시 점멸은 교차로 신호등에서의 황색신호와 같이 곧 차로이용이 변경된다는 사실을 운전자에게 예고하고, 현재 통행 중인 차량은 인접한 우측차로로 나와야 된다는 뜻을 의미한다. 이 때 교차로 신호등의 전적색시간과 같이 양방향 적색 「×」표시를 제공할 수도 있다.

변경 시간은 가변차로 구간을 이용하는 차량이 차로변경 신호를 보고 해당차로를 완전히 비워주는 데 소요되는 시간으로 가변차로의 효율적 운영과 안전한 차로변경 시간 확보를 위한 충분한 시간을 제공해야 한다.

적색 「×」점멸신호가 들어오면 해당 차로 구간 내를 이용하던 차량은 즉시 녹색↓신호가 들어오는 인접 차로로 차로를 변경하여야 한다. 안전한 신호변환시간은 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다.

- 차로변경 신호를 인지하고 행동을 결정할 때까지의 시간
- 물리적 시설물에 의해 차로변경이 불가능한 경우 해당 구간을 통과할 수 있는 시간
- 변경할 차로여건에 따라 안전하게 차로변경을 시도할 수 있는 위치까지의 이동시간 및 차로변경 행위시간
- 신호등에 영향을 받는 경우 적색신호에 대기한 차량들이 모두 해소될 수 있는 시간

가변차로구간에서 교통정체현상이 발생할 경우에는 좌회전, 유턴, 주차행위 등 장애요인을 제거하고, 유입·유출부의 정체 현상이 발생하면 가변차로구간의 신호시간 조정으로 교통량을 조절한다. 가변차로구간에서 이와 같은 방법으로 적용하여도 계속 정체가 발생하면 가변차로 운영을 재검토해야 한다.

신호등이 설치된 교차로에는 시인성을 높이기 위하여 가로형이색등을 설치하지 않아야 한다.

표 1-5 가로형이색등의 등화

진행방향		대향방향	
1. 진행	 녹색↓표시 등화	1. 진입 및 진행금지	 적색×표시 등화
2. 진입금지 (이용차량 차로변경)	 적색×표시 점멸	2. 진입 및 진행금지	 적색×표시 등화
3. 진입 및 진행금지	 적색×표시 등화	3. 진입 및 진행가능	 녹색↓표시 등화

4. 가변등(고속도로 갓길차로제)

권 장

- 고속도로 갓길차로제에서 사용 중인 가변등은 한국도로공사의 ‘갓길차로 운영업무 매뉴얼’에 따라 운영한다.
- 가변등은 차로 운영시(또는 개방시)에는 녹색화살표시 등화를, 미운영시(또는 폐쇄시)에는 적색「×」표시의 등화를 표출한다.
다만, 동시에 표출되서는 안된다.

표 1-6 가변등의 등화

차로 운영시(또는 개방시)	차로 미운영시(또는 폐쇄시)
 녹색↓표시 등화	 적색×표시 등화

5. 우회전 삼색등

권 장

- 등화 순서는 「녹색화살표 → 황색 → 적색」 순으로 한다.
- 우회전 삼색등에서 녹색화살표는 우회전 차량이 신호에 따라 진행하는 다른 방향의 차량, 보행자와 상충이 발생할 가능성이 있을 경우에는 점등할 수 없다. 다만, 우회전 전용차로가 교통안전시설이나 도로부속물 등으로 완전히 분리되어 신호에 따라 진행하는 다른 차량과의 상충이 없을 경우에는 점등할 수 있다.
- 교차로 한 주기에 우회전 화살표 등화가 세 번을 초과할 수 없다.
- 보행신호와 상충되는 경우 보행신호가 점등되기 최소 3초전에 우회전 삼색등의 적색등화를 점등해야 한다.

해설

신호 등화의 순서는 도로교통법 시행규칙 별표5에 의거하여 「녹색화살표 → 황색 → 적색」을 원칙으로 하며, 차량이 진행하고 있는 신호에서 다음 신호로 바뀔 때는 황색을 점등한다. 다만, 신호변경을 예측가능하게 하여 사전출발 등으로 인한 사고의 위험 때문에 적색 다음에

황색이 표시되거나 적색 다음에 적색과 황색이 동시에 점등되어서는 안된다. 횡단보도를 횡단하는 보행자의 안전을 보장해 주고 제2횡단보도까지 우회전 차량이 원활하게 회전할 수 있도록 우회전 삼색등의 황색시간은 최소 3초 이상을 부여한다. 또한, 보행신호등의 점등 6초(황색3초+적색3초)전엔 우회전 삼색등의 적색등화를 점등해야 한다.

교차로 신호 한 주기에 우회전 녹색화살표 등화가 세 번을 초과하는 경우 우회전 할 수 있는 시간이 짧고 우회전을 마치지 못한 차량이 횡단보도에 잔류하는 등 혼잡을 초래할 수 있다. 따라서 신호에 따라 진행되는 다른 차량 및 보행자의 통행에 불편이 없도록 운영하되 신호현시 순서를 변경하는 등 우회전 신호등이 설치되더라도 통행 불편을 최소화 하도록 해야 한다.



우회전 차량이 마주하는 제1횡단보도의 녹색 및 녹색점멸 점등 시 그리고 우회전 차량이 두 번째 마주하는 제2횡단보도의 녹색 및 녹색점멸 점등 시에는 반드시 적색등화를 해야 한다. 대향차로의 좌회전, 주도로의 직진 등과 같이 우회전하는 차량과 상충이 우려되는 경우에는 우회전 삼색등의 적색을 점등해야 한다.



우회전 녹색화살표는 우회전 교통류가 차량, 보행자와 같이 다른 교통류와 상충이 없는 경우 점등 할 수 있다. 위의 [그림 1-32]와 같이 제1횡단보도와 제2횡단보도가 적색인 경우 우회전 할 수 있다. 또한 서쪽에서 동쪽 방향으로 진행하는 차량이 없고, 동쪽에서 남쪽 방향으로 직진 또는 직진-좌회전을 하는 경우 우회전 삼색등 녹색화살표를 점등 할 수 있다.

또한, 보행 최소녹색시간이 차량 현시보다 짧을 경우 [표 1-7], [표 1-8]과 같이 보행신호시간의 표출시간을 변형하여 우회전 신호등의 시간을 확보 할 수 있다.

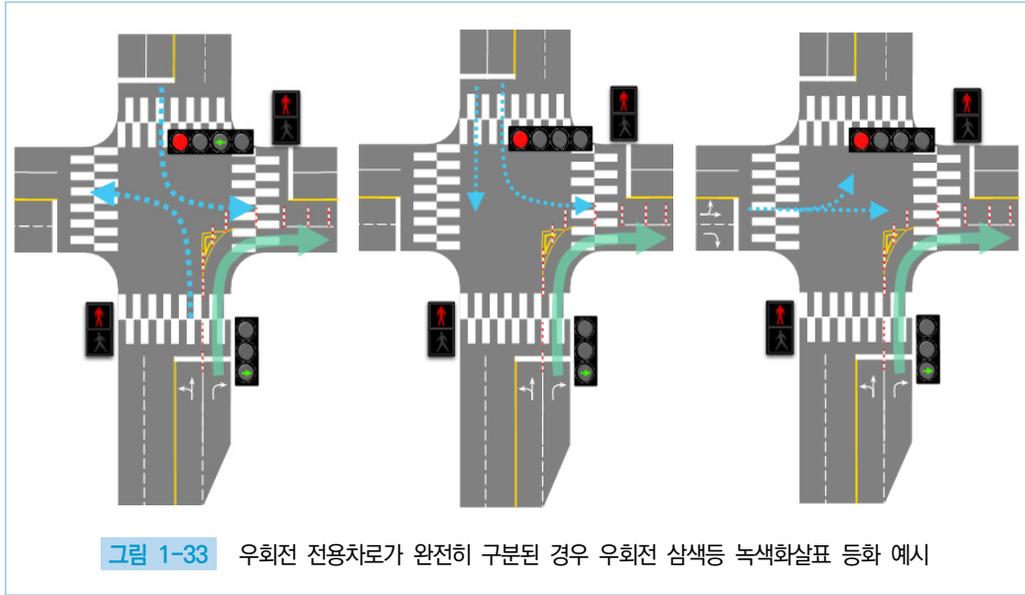
표 1-7 보행신호에 따른 우회전 녹색화살표 등화 예시 (1)

이동류		
보행신호		
우회전신호		

표 1-8 보행신호에 따른 우회전 녹색화살표 등화 예시 (2)

이동류		
보행신호		
우회전신호		

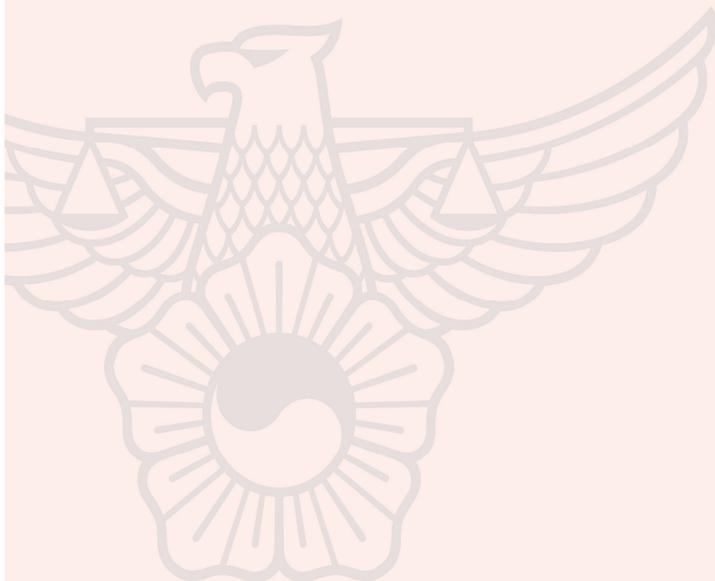
다만, 다음 [그림 1-33]와 같이 우회전 전용차로를 교통안전시설(흰색이나 노란색 실선)로 표시하거나 도로안전시설(시선유도시설 등)을 설치하여 완전히 구분되어 우회전 차량과 신호에 따라 진행하는 직진이나 좌회전 등 다른 방향의 차량과 상충될 우려가 없는 경우에는 우회전 삼색등의 녹색화살표를 점등할 수 있다.



제2장

보행 신호운영

- 제1절 보행 신호시간 계획
- 제2절 보행 신호 자동연장
- 제3절 선행·후행 보행 신호시간 운영
- 제4절 대각선 횡단보도에서의 신호운영
- 제5절 동시보행신호 운영





제1절 보행 신호시간 계획

기준

- 보행 신호시간(녹색고정+녹색점멸) 산출 방법

$$T = T_s + T_f = t + \frac{L}{v_1}$$

여기서, T = 보행 신호시간(초)

T_s = 녹색고정시간 : 보행자 녹색등화가 지속되는 시간(초)

T_f = 녹색점멸시간 : 보행자 녹색등화가 점멸되는 시간(초)

t = 초기진입시간(4~7초 이상)

L = 보행자 횡단거리(m)

v_1 = 1.0m/s 단, 교통약자를 위한 보행 신호운영 시 0.7m/s

- 녹색고정 및 녹색점멸 시간 산출 방법

$$T_s = T - T_f = \left(t + \frac{L}{v_1} \right) - T_f$$

$$T_f = \frac{L}{v_2}$$

여기서, v_2 = 일반 1.3m/s 단, 교통약자를 위한 보행 신호운영 시 1.0m/s

- 초기 진입시간(t)은 대기하는 보행자 수, 밀도, 인지반응시간 등을 고려하여 최소 4초 이상을 할당한다.
- 보행속도는 보행자의 안전을 고려하여 1.0m/s를 적용하되, 어린이보호구역, 노인보호구역 등 교통약자를 위한 보행 신호운영 시 0.7m/s의 보행속도를 적용한다.
- 녹색점멸신호시간을 산정하기 위한 보행속도는 1.3m/s를 적용하되 어린이, 노인 및 장애인 등 교통약자를 위한 보행 신호 산정시 보행속도는 1.0m/s를 적용하여 산출한다.

예시

20m 길이의 횡단보도에 대한 보행 신호시간 산출방법

- 일반 보행 신호 운영구간

$$T \text{ (보행 신호시간)} = t + \frac{L}{v_1} = 7 + \frac{20}{1.0} = 27\text{초} [t = 7\text{초}, L = 20\text{m}, v_1 = 1.0\text{m/s}]$$

$$T_s \text{ (녹색고정시간)} = T - T_f = 27 - 15 = 12\text{초}$$

$$T_f \text{ (녹색점멸시간)} = \frac{L}{v_2} = \frac{20}{1.3} = 15\text{초} [=1.3\text{m}]$$

- 교통약자 보행 신호 운영구간

$$T \text{ (보행 신호시간)} = t + \frac{L}{v_1} = 7 + \frac{20}{0.7} = 36\text{초} [t = 7\text{초}, L = 20\text{m}, v_1 = 1.0\text{m/s}] = 36 - 20 = 16\text{초}$$

$$T_s \text{ (녹색고정시간)} = T - T_f = 30 - 20 = 16\text{초}$$

$$T_f \text{ (녹색점멸시간)} = \frac{L}{v_2} = \frac{20}{1.0} = 20\text{초} [v_2 = 1.0\text{m}]$$

해설

보행 신호시간은 보행 녹색신호시간과 보행 녹색점멸신호시간으로 구분되어 있다. 이 두 개의 신호시간대 구분 의미는 적색시간동안 대기하고 있던 보행자군은 보행 녹색신호시간에 횡단보도에 진입하여 횡단보도를 정상적으로 통과할 수 있으나, 녹색점멸이 시작되면 더 이상 횡단보도에 진입해서는 안된다는 의미이다. 횡단보도의 보행 신호시간은 많은 이용자가 편안하게 건널 수 있도록 배려해야하고 보행자가 횡단하는데 충분한 시간을 확보할 필요가 있다. 보행 신호시간은 녹색시간 + 녹색점멸시간으로 구분하고 녹색 점멸로 인해 이용자가 조급심을 가지지 않도록 최대한 배려할 필요가 있다.

※ 횡단보도 양 끝의 길이가 다를 경우, 보행자 횡단거리(m) 기준은 가장 긴 지점으로 한다.

보호구역 이외에 어린이·노인 등 교통약자의 통행이 빈번한 곳에는 보행속도 0.7m/s를 적용하는 방안을 검토하고 교통약자의 통행이 특정시간대에 집중되는 경우 등에는 보행신호 자동연장시스템을 설치·운영하는 것을 검토할 필요가 있다.

제2절 보행 신호 자동연장

보행 신호 자동연장시스템은 보행자를 검지 및 추적하는 기술을 적용하여 주어진 보행 신호시간 동안 횡단을 완료하지 못한 보행자를 위하여 사전에 허용된 시간 범위 내에서 교통 신호제어기와의 통신을 통해 보행 신호시간을 자동으로 연장해주어 어린이, 노약자 및 장애인 등 교통약자의 안전횡단을 지원하는 시스템이다.



권 장

- 보행 신호 자동연장시스템은 보호구역, 교통약자(어린이·노인·장애인 등)의 통행이 잦은 곳, 차량 신호의 연동에 영향을 주지 않는 단일로 횡단보도 또는 독립교차로 등 인접 교차로와의 신호 연동에 영향을 주지 않는 곳 등에 설치하는 것을 권장
- 대각선횡단보도가 설치된 지점의 경우, 보행신호 연장 시 해당 구간의 차량 소통에 영향을 미칠 수 있어 설치하지 않는 것을 권장
- 신호가 연동된 교차로에 설치하는 경우 인접한 교차로와의 연동에 영향을 주지 않는 범위 내에서 연장하고, 신호 연동에 영향을 미치는 경우에는 신호순서 또는 연동값을 조정하여 주도로의 연동에 영향을 최소화 필요
- 신호연장 임계시간 범위 내에서 보행 신호 연장을 제공해야 하며, 보행 신호가 연장된 경우에는 보행 신호 종료시점에 보행자의 안전을 위하여 전적색신호(All-red)를 2~3초 부여

해설

보행 신호 범위 내에서 횡단을 완료하지 못한 보행자를 위해 추가로 부여할 수 있는 신호 연장시간(이하 '신호연장 임계시간')을 설정하여 해당 구간의 차량 소통에 영향을 주지 않는 범위에서 운영하는 것이 필요하다.

보행 신호 자동연장시스템은 보행 녹색신호 중 녹색점멸시간이 거의 종료될 무렵에 횡단보도에 남아있는 보행자를 검지하여 추가 시간을 부여하는 것으로, 본 업무편람에서 제시하고 있는 다음의 보행 신호시간 산출식에서 녹색점멸 시간 산출식을 참조하여 신호연장 임계시간을 설정하였으며 설치 장소의 보행자 횡단거리를 측정하여 신호연장 임계시간을 최대 10초까지 적용할 수 있다.

- 보행 신호시간(녹색고정+녹색점멸) 산출 방법

$$T = T_s + T_f = t + \frac{L}{v_1}$$

여기서, T = 보행 신호시간(초)

T_s = 녹색고정시간 : 보행자 녹색등화가 지속되는 시간(초)

T_f = 녹색점멸시간 : 보행자 녹색등화가 점멸되는 시간(초)

t = 초기진입시간(4~7초 이상)

L = 보행자 횡단거리(m)

v_1 = 1.0m/s 단, 교통약자 보행 신호운영 시 0.7m/s

- 녹색고정 및 녹색점멸 신호시간 산출 방법

$$T_s = T - T_f = \left(t + \frac{L}{v_1} \right) - T_f$$

$$T_f = \frac{L}{v_2}$$

여기서, v_2 = 일반 1.3m/s 단, 교통약자 보행 신호운영 시 1.0m/s

녹색점멸 신호시간 산정 시, 교통약자의 안전한 횡단을 보장하기 위해 적용되고 있는 보행속도인 0.7m/s를 적용하여 산정한 값과 일반 보행자에 적용되고 있는 보행속도 1.3m/s로 산정한 값의 차이만큼을 신호연장 임계시간으로 산정하였다.

$$\text{신호연장 임계시간(초)} = \frac{L}{0.7} - \frac{L}{1.3} \quad \text{여기서, } L : \text{보행자 횡단거리(m)}$$

표 2-1 횡단거리별 신호연장 임계시간(예시)

횡단거리 (L)	녹색점멸시간 (T_p)		신호연장 임계시간 (초)
	$v_2 = 1.3\text{m/s}$ 일 경우	$v_2 = 0.7\text{m/s}$ 일 경우	
8m 이하	6	11	5
9m	7	13	6
10m	8	14	7
11m	8	16	
12m	9	17	8
13m	10	19	9
14m	11	20	
15m 이상	12	21	10

현장조사를 통해 설치 장소의 횡단거리를 측정 후, 위 산출식에 의해 신호연장 임계시간을 산출하여 적용할 수 있으며, 위 <표 2-1>과 같이 신호연장 임계시간은 최소 5초에서 최대 10초까지로 설정할 수 있으며 보행속도에 따라 변화될 수 있다.

보행 신호 자동연장시스템에서 보행 신호 연장 시 신호운영은 보행 점멸신호를 유지하는 것을 원칙으로 한다. 보행 신호 연장 후 신호 전환 시에는 보행자의 안전을 보장하기 위해 2~3초간의 전적색(All-red) 현시를 삽입하도록 한다.

신호가 연동되어 있는 구간에 보행 신호 자동연장시스템의 설치를 고려할 경우, 연동구간의 진행대폭(BW, BandWidth)에 영향을 주지 않는 것을 기본원칙으로 한다.(연동, 진행대폭 등과 관련하여서는 본 업무편람 제2편 교통신호기의 운영, 제1장 차량 신호운영, 제4절 신호연동계획의 내용을 참조한다.)

다음의 그림 2-2와 같이 보행 신호 연장으로 인해 주도로의 차량 신호 연동 진행대폭에 영향을 주는 경우 설치하지 않는 것이 바람직하다.

만약 주도로와 부도로의 차로수 차이로 인해 차량 신호시간보다 차량 신호 시 함께 점등되는 보행 신호시간이 차량 신호 시간보다 짧은 경우, 차량 신호시간과 보행 신호시간 간 차이를 신호연장 임계시간으로 설정하여 보행 신호를 연장할 수 있다.



그림 2-2 연동구간에서의 신호연장 운영 방안(예시)

제3절 선행·후행 보행 신호시간 운영

보행 신호등이 설치된 횡단보도에서 보행자의 안전 확보를 위해서는 도로 횡단에 적절한 보행 시간 운영과 더불어 보행 신호 등화 간격을 조정함으로써 보행 신호를 인지하지 못하거나 무시하고 통과하는 차량을 제어하여 보행자와의 상충을 최소화할 수 있다.

1. 선행 보행 신호시간 운영(LPI : Leading Pedestrian Interval)

선행 보행 신호시간은 보행자 신호를 차량 신호보다 먼저 점등하여 회전 차량이 횡단보도를 통행하는 보행자의 확인을 용이하게 하는 방식이다. 우회전 또는 비보호 좌회전 차량이 진입하는 접근로의 횡단보도가 동일 현시에서 점등될 때 보행자 신호를 3~7초 먼저 점등하는 방식으로, 이때 적용 시간은 교차로 기하구조 및 통행 행태에 따라 필요한 적정 시간을 산정한다.

특히 선행 보행 신호시간은 기형적인 기하구조 등으로 회전 차량이 진행 방향에 대한 시인성이 저하되고 보행자와 회전 차량간 상충빈도가 높을 때 보행자와 차량간 상충을 예방하여 교통사고를 감소시킬 수 있다. 다만, 선행 보행 시간만큼 진행 방향의 차량 녹색시간은 감소되어 차량 지체가 증가하므로 접근로 포화도를 고려한 운영이 필요하다.

해외에서의 선행 보행 신호시간 적용 및 운영 사례는 현재의 우리나라와 마찬가지로 보행자 안전을 도모하는 패러다임으로 바뀐 사회적 분위기를 반영하고 있다고 할 수 있다.

미국 뉴욕 및 시카고, 샌프란시스코, LA, 시애틀 등 대도시에서 시범 도입되어 운영 효과가 크게 입증되었고, 각 도시마다 변화한 교차로를 위주로 선행 보행 신호시간 적용 교차로수를 늘리고 있는 추세다. 특히, 뉴욕시 경우 약 2,381개 교차로에 선행 보행 신호시간을 도입해 운영하고 있으며, 약 40여년 전인 1976년에 최초로 선행 보행 신호시간을 도입하였으며, 3년 전부터 본격적으로 확대하기 시작하였다. 또한, 선행 보행 신호시간이 운영되고 있는 교차로 104곳을 조사한 결과, 보행자 사망 및 중상 등 교통사고가 크게 줄어든 것으로 나타났다.

표 2-2 선행 보행 신호시간 해외 권장조건

구분	적용	규정
미국	<ul style="list-style-type: none"> 보행자와 회전하는 차량과의 상충이 잦은 교차로, 보행교통량 및 회전교통량이 많은 교차로에 적용 	<ul style="list-style-type: none"> MUTCD에서는 차량신호보다 보행 신호를 최소 3초 이상 선행 점등하라는 기초적 운영방법만 기술하고 있으며, 세부 운영시간은 주정부에서 결정 FHWA에서는 LPI의 효과를 높일 수 있는 기타 안전조치*에 대해서 권고함 * 기하구조 개선(횡단보도 setback, 보행동선 최소화 등) 및 안전시설 추가 적색×표시 등화
캐나다	<ul style="list-style-type: none"> LPI 운영이 검토되는 교차로에 대하여 안전성과 소동을 고려한 평가 실시하며, 총 8개 평가 항목별 합산 점수가 5점 이상이면 적절한 것으로 판단 - 안전측면 <ol style="list-style-type: none"> ① 마주오는 차량이 없이 좌회전이 가능한 교차로(T형 교차로, 일방통행 등) ② 차량운전자의 시인성 문제가 발생하는 교차로 ③ 보행자 횡단교통이 많은 교차로 ④ 회전차량으로 인한 보행자 사고가 빈번하게 발생하는 교차로 ⑤ 초등학교와 근접한 교차로 ⑥ 고령 거주자들의 활동이 많은 교차로 - 소동측면 <ol style="list-style-type: none"> ① 지체증가로 인한 서비스 수준 변화 ② 차량의 교통량 안전측면과 소동측면에 대하여 0~2점 사이의 적합성 판단 점수를 부여 	<ul style="list-style-type: none"> LPI를 운영하는 교차로는 특별한 사유가 없는 한 모든 시간에 걸쳐 운영 LPI 운영시 선행시간은 4~6초 사이로 제공 LPI 적합성 평가를 실시한 후 실제 적용을 위한 판단 여부를 결정 6개월 주기로 효과측정을 수행하여 LPI 지속 여부를 판단하여야 함

미국의 선행 보행 신호시간이 적용되어 있는 교차로의 적용시간은 각 도시마다 다르며, 미국교통통제 표준 매뉴얼(Manual on Uniform Traffic Control Devices, MUTCD)의 최소값은 3초로 규정되어 있다.

24개의 선행 보행 신호시간 적용 교차로가 운영 중인 필라델피아는 3초, 보스턴 3~7초 범위 내 적용되고 있으며, Phoenix에는 3개의 선행 보행 신호시간 적용 교차로가 있으며 5초를 적용하고 있다. 그 외, 교차로 기하구조가 특이한 이형(異形) 교차로의 경우는 7초 또는 8초의 선행 보행 신호시간을 적용하기도 한다.

미국과 캐나다는 <표 2-3>과 같은 선행 보행 신호시간 교차로 운영기준을 가지고 있다. 미국 및 캐나다의 교통환경 측면에서, 대부분 교차로는 비보호 좌회전을 활용 2현시 신호운영을 사용 중에 있다.

반면에 국내의 경우 비보호 좌회전을 도입하고 있으나, 운전자 특성(통행방법 이해 부족으로 인해 적색 신호 시 회전 등)에 따른 사고증가 등의 사유로 보호 좌회전 또는 보호/비보호 겸용 좌회전(PPLT, Protected/Permitted and Left Turn) 등을 적용하고 있다.

표 2-3 선행 보행 신호시간 적용 권장조건

구분	권장 조건
기하구조	<ul style="list-style-type: none"> • 비정형 교차로, 회전부 설치물 등으로 운전자의 시인성이 저하되는 지점 • 우회전 차로가 공용차로로 운영되는 지점
교통량	<ul style="list-style-type: none"> • 보행자 및 회전차량 통행량이 많은 지점 • 고령자, 어린이 등 교통약자 통행이 빈번한 지점 • 침두시 포화도가 0.8 이하인 지점
교통사고	<ul style="list-style-type: none"> • 보행자 교통사고 발생 지점

보호좌회전에서 LPI 적용은 차량의 지체가 크게 증가할 수밖에 없으며, 보행자 안전 예방을 위해 차량의 지체를 증가시켜도 무방하다면, 오히려 LPI 보다 대각선 횡단보도가 우선적으로 도입해야 한다.

하지만 국내 비보호 좌회전이 적용되고 있는 교차로, 3지교차로, 기형적인 교차로에서는 LPI 적용 시 회전차량으로 인한 보행자 사고감소에 효과가 존재할 것으로 판단된다.

선행 보행 신호시간이 운영되는 곳곳에서 교통사고 감소에 효과가 입증되어 확산되고 있다는 것은 해외에서도 보행자 사고예방을 위한 연구와 노력을 지속적으로 하고 있는 사례라 볼 수 있다. 또한, 비교적 큰 비용을 들이지 않고도 기존 신호제어기 운영체계 조정만으로 교통안전을 획기적으로 개선할 수 있다는 큰 장점을 갖고 있어 교통관계자들로부터 환영을 받고 있는 추세다.

2. 후행 보행 신호시간 운영(보행자 신호 전시간, Before Pedestrian Time)

후행 보행 신호시간은 횡단보도가 있는 신호교차로에서 좌회전 또는 다른 방향의 이동류 신호시간이 종료되고 직진신호가 시작된 후 동일방향의 횡단보도 보행자 신호가 켜지기 전까지의 초 단위의 시간적 차이를 지칭한다.

제4절 대각선 횡단보도에서의 신호운영

대각선 횡단보도는 보행자가 많고 회전교통량이 적은 신호교차로에 설치를 하는 것이 일반적이다. 대각선 횡단보도는 횡단을 2번 할 경우에 발생하는 보행자 대기시간이 감소하는 장점이 있는데 반해 현시 수 증가에 따른 차량 지체와 그에 따른 대기오염 및 용량감소 문제가 수반될 수 있다. 일반적으로 대각선 횡단보도의 설치지역은 역 또는 학교 부근, 백화점, 상가와 같이 보행자가 많은 지역, 교통사고가 빈번한 지역, 보행자로 인하여 차량의 우회전에 문제가 있는 지역 등에 설치하면 효과적이다.

표 2-4 대각선 횡단보도 적용 권장조건

구분	권장 조건	비고
기하구조	4지 교차로이며 대각선폭 30미터 이내	편도2x2차로 이내 차로수가 많은 주간선도로상 교차로는 지양
차량 교통량	포화도 0.7이하 (차로별 통행량 800대/시간 이내)	
보행량	보행자 통행량 시간당 500명 이상	
신호운영	비보호좌회전 운영 가능시	주도로·부도로 중 적어도 1곳 운영 가능

이와 같이 대각선 횡단보도는 원하는 방향으로 횡단을 할 수 있어 보행자가 두 번 횡단해야 하는 불편함을 줄이고 짧은 대기시간으로 인하여 불법 횡단을 최소화 할 수 있는 장점이 있다. 더불어 대각선 횡단보도의 증가가 사회적 손실비용을 줄일 수 있는 장점이 있어 대각선 횡단보도의 확대 설치가 검토될 필요가 있다고 판단된다.

이에, 3지 교차로의 경우 두 번 횡단하는 불편함은 없으므로 설치 대상에서 제외하는 것이 바람직하다. 다만, 3지 교차로에서 전체 횡단보도의 보행 신호를 동시에 부여하는 경우에는 고려해볼 수 있으나 신호현시는 도로 및 교통여건의 변화에 따라 변경될 수 있으므로 신중한 검토 후 설치·운영이 필요하다.

대각선 횡단보도 권장조건의 취지는 소형교차로, 적은 교통량, 많은 보행자 상황에 도입하자는 것이다. 유념해야 할 사항은 기존 4현시로 운영하던 현시에 보행전용현시를 단순히 추가하면 5현시 교차로가 된다. 다만, 도시교통에서 5현시 교차로는 심각한 교통체증을 야기하는 교차로가 되기 쉽기 때문에, 대각선 횡단보도 도입 시 현시수를 축소하는 것을 권장한다. 보행자 전용현시의 장점은 차량현시와 보행현시가 분리되어 비보호좌회전 사용 시 차량과 보행자간 상충의 우려가 없다는 것이다.

따라서, 대각선 횡단보도를 도입하는 경우 비보호좌회전을 적극 도입하여 신호현시수를 줄여야 한다. 그림과 같이 보행전용현시를 도입하고자 할 때 비보호좌회전을 사용하여 3현시 또는 4현시로 운영하는 것이 바람직하다. 5현시 운영은 보행자와 차량에 공히 불필요한 지체를 야기하는 불리한 방법으로 지양해야 한다.

대각선 횡단보도를 대형교차로에 설치하는 것은 피해야 한다. 차량 지체가 증가할 수 있으며, 우회전을 마치지 않은 상태에서 보행현시가 시작하는 경우 차량이 해당 우회전 차량이 횡단보도 내에 갇혀 우회전 차량과 보행자간의 상충을 유발할 수 있다. 마지막으로 보행전용현시는 효과가 기대되는 경우에만 선별적으로 도입해야 하며 남용하게 되면 부작용만 발생하게 된다.

a) 3현시운영

현시1	현시2	현시3

b) 4현시운영

현시1	현시2	현시3	현시4

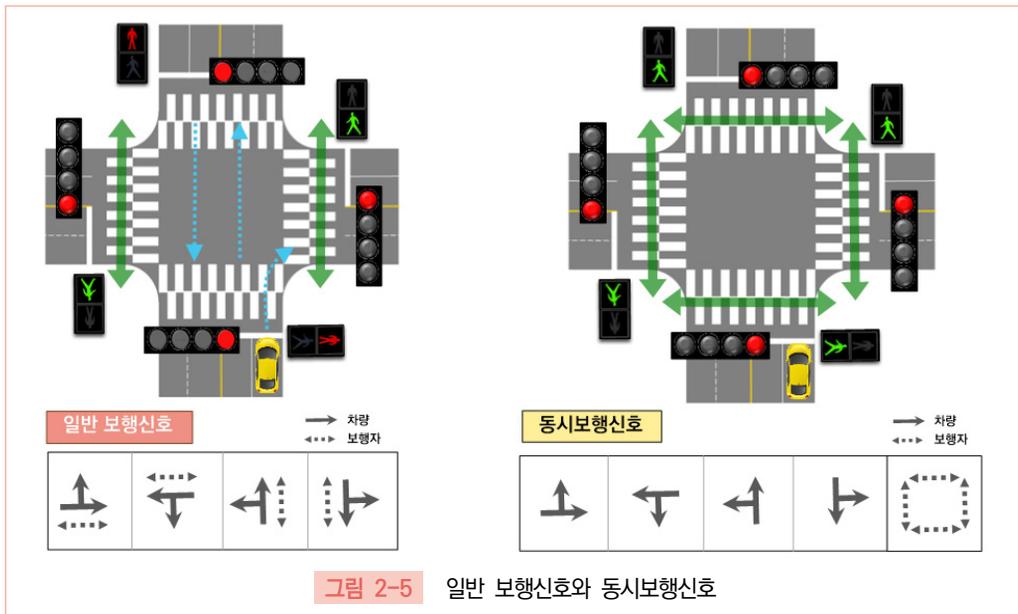
c) 5현시운영

현시1	현시2	현시3	현시4	현시5

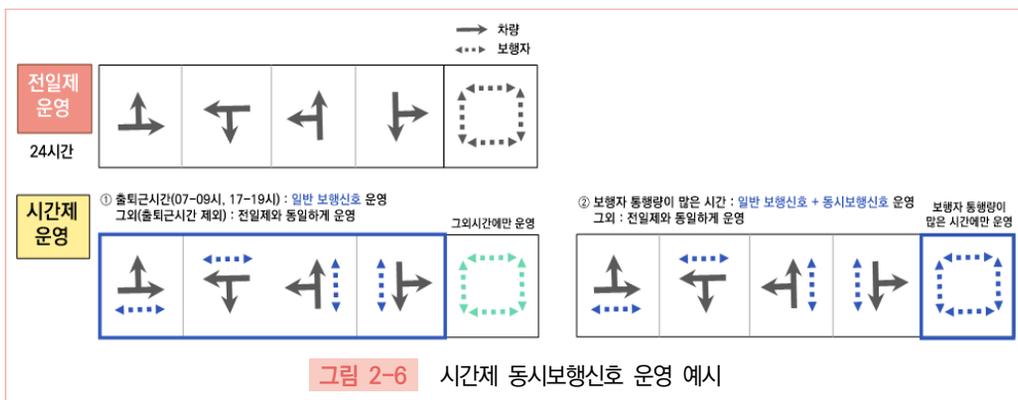
그림 2-4 교차로에서의 현시별 대각선 횡단보도 운영 예시

제5절 동시보행신호 운영

동시보행신호는 대각선 횡단보도와 같이 교차로 내 모든 방향의 횡단보도 보행 녹색신호를 동시에 점등하여 차량과 보행자간 상충을 줄이는 신호운영 방법이다.

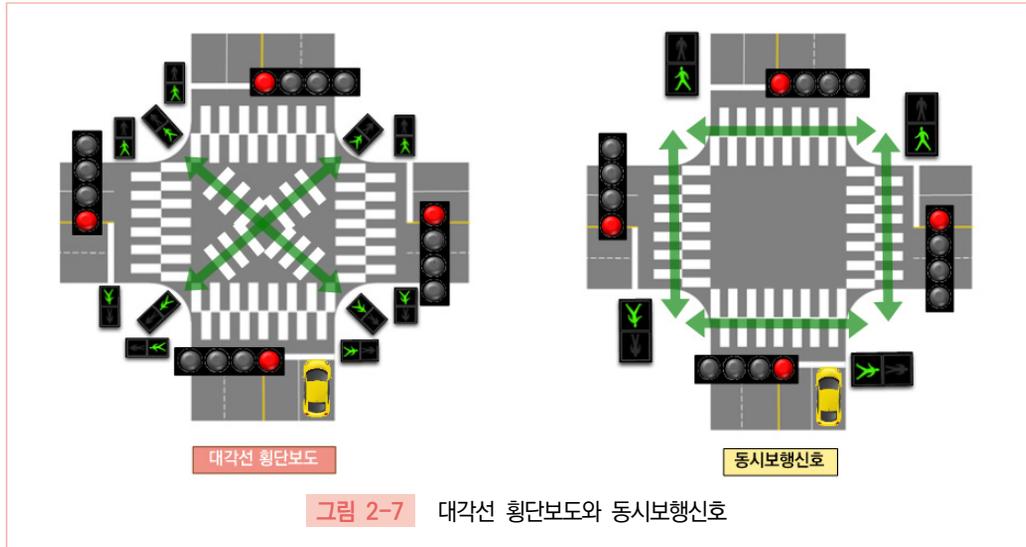


대각선 횡단보도는 노면표시(횡단보도 표시) 및 보행신호등 추가 설치로 인한 비용이 발생하는 반면 동시보행신호는 신호 운영 변경만으로 모든 방향의 보행신호를 동시에 점등하여 대각선 횡단보도와 같이 차량과 보행자간 상충을 줄이고, 어린이보호구역처럼 보행자가 집중되는 등·하교 시간에만 시간제로 운영할 수 있어 신호 운영을 탄력적으로 할 수 있다는 장점이 있다.



다만, 동시보행신호는 대각선 횡단보도와 같이 교차로 모든 방향의 횡단보도 보행신호를 동시에 점등하기 때문에, 간혹 보행자가 대각선 방향으로 건너는 경우가 있으므로 횡단보도가 없는 대각선 방향으로 횡단 시 보행자로서 보호받을 수 없음을 교육·홍보하여야 한다.

※ 대각선 횡단보도는 「도로교통법 시행규칙」 별표 6의 노면표시 중 532의2 대각선 횡단보도는 횡단보도 표시 사이 빈 공간도 횡단보도에 포함한다고 규정하고 있음



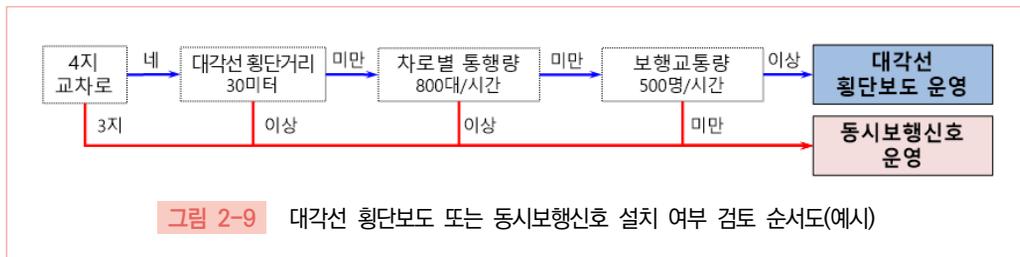
동시보행신호 운영 시 보행신호시간은 보행자의 안전을 확보하고 편의를 제공하기 위해 주도로와 부도로의 횡단보도 길이, 차량 및 보행자 통행량 등을 고려하여 횡단보도 보행 신호시간을 [그림 2-8]과 같이 운영할 수 있다.



[그림 2-8]과 같이 ①, ② 횡단보도 중 긴 횡단보도 보행신호시간을 기준으로 부여할 경우 ② 횡단보도 보행신호시간은 일반 보행신호시간보다 시간이 추가로 부여되어 보행자의 안전 확보 및 편의를 제공할 수 있으나 대각선 횡단보도와 같이 대각선 방향의 지점으로 이동 (2개의 횡단보도를 횡단)할 수는 없다.

①, ② 횡단보도 보행신호시간을 합하여 부여할 경우, 보행자는 대각선 횡단보도와 같이 대각선 방향의 지점으로 이동 ①, ② 횡단보도를 한 번에 건널 수 있으나 차량이 신호에 대기해야 하는 시간이 길어지므로 차량 통행량이 많거나 ①, ② 횡단보도의 길이가 긴 지점에는 신중히 검토 후 운영방법을 결정하는 것이 좋다.

대각선 횡단보도와 동시보행신호는 모든 방향의 보행신호를 동시에 점등하여 보행자의 안전 및 편의를 제공한다는 유사성이 있으나 각각 장단점이 있으므로 다음 [그림 2-9]를 참고하여 운영하려는 지점의 교통 및 도로 여건에 적합한지 여부를 검토한 후 보행신호 운영방식을 선택하여 운영할 필요가 있다.



제3장

자전거 신호운영

제1절 자전거 신호등





제1절 자전거 신호등

자전거 신호등은 형태에 따라 세로형이색등과 세로형삼색등으로 구분되며, 기능에 따라 자전거 횡단신호등과 자전거 주행신호등으로 구분할 수 있다. 자전거 횡단신호등은 자전거의 도로 횡단을 위하여 자전거횡단도에 설치하는 것으로 세로형이색등이 이에 해당하며, 자전거 주행신호등은 자전거 도로상의 단일로 또는 교차로에서 자전거의 진행, 정지 등 자전거 교통의 제어가 필요한 곳에 설치하는 것으로 세로형삼색등이 이에 해당한다.

자전거 신호등 운영체계를 결정하는데 고려하여야 할 요인으로는 자전거도로 및 횡단도로의 거리, 자전거 이용자의 횡단특성을 고려하여 세로형이색등에서는 녹색시간과 점멸시간, 세로형삼색등에서는 녹색시간과 신호변환시간(황색시간+적색시간)을 결정하여야 할 것이다. 다만, 자전거 신호등에서는 자전거 교통의 안전을 위해 직진현시만을 제공한다.

권 장

- 세로형이색등
 - 보행 신호등과 함께 설치되는 세로형이색등의 운영방법은 보행 신호등과 동일하게 운영하는 방법과 별도의 신호 현시로 운영하는 방법으로 구분된다.
 - 자전거 이용자가 많고 교통안전 등의 사유로 별도의 신호 현시가 필요하다고 판단되는 지역을 제외하고 세로형이색등은 보행 신호등과 동일하게 운영한다.
 - 다만, 세로형이색등 보행 신호등과 동일하게 운영되는 경우에는 해당 지점 또는 지역에 대한 공학적 판단에 의해 세로형이색등 설치를 생략하고 교통안전표지로 대체하여 설치할 수 있다.
- 세로형삼색등
 - 세로형삼색등의 운영은 직진차량 현시시간(녹색+신호변환시간)과 동일한 시간내에서 운영한다.
 - 세로형삼색등의 운영방법은 기존의 차량신호와 연계하여 동일하게 운영하는 방안과 별도의 신호현시를 부여하여 독립적으로 운영하는 방안으로 구분한다.

해설

자전거횡단도에 설치되는 세로형이색등은 보행 신호등과 연계하여 운영하는 것이 바람직하다. 다만, 자전거 이용자가 많고 교통안전 등의 사유로 별도의 신호현시가 필요하다고 판단되는 지역에서는 별도 현시를 적용하여 운영할 수 있다.

세로형이색등이 보행 신호등과 동일하게 운영되는 경우에는 해당 지점 또는 지역에 대한 공학적 판단에 의해 세로형이색등 설치를 생략하고 교통안전표지로 대체 설치할 수 있다. 세로형삼색등의 운영방법은 기존의 차량 신호와 연계하여 동일하게 운영하는 방안과 별도의 신호현시를 부여하여 독립적으로 운영하는 방안으로 구분한다.

교차로 횡단거리가 짧아서 차량 신호운영에 부여되는 신호변환시간 내에도 자전거 이용자가 교차로를 통과할 수 있다면 기존의 차량 신호와 연계하는 것이 효율적이거나, 교차로 횡단거리가 길어서 자전거 이용자의 교차로 통과가 어렵다면 별도의 신호현시에 의해 충분한 신호변환시간을 제공하여야 한다. 이 경우, 자전거 신호등의 「녹색시간+신호변환시간」은 해당하는 차량 현시시간 (녹색시간+신호변환시간)과 동일한 시간 내에서 운영하는 것이 바람직하다.

다만, 현장상황에 따라 직진차량 현시시간 내에서 처리가 곤란하거나 기타 필요한 경우에는 현장조사에 근거한 공학적 판단하에 자전거 신호등의 녹색 현시시간을 조절할 수 있다. 이와 같은 경우 자전거 신호시간에 따라 차량 신호시간이 조정되어야 한다.

권 장

- 세로형삼색등 운영시의 신호변환시간
 - 자전거 주행 신호등의 경우 신호변환시간은 적색신호 점등에 앞서 정지할 필요가 있는 자전거 이용자들에게 주의하도록 하기 위한 적절한 시간을 제공할 수 있도록 설계되어야 한다.
 - 각 교차로에서 황색시간의 길이는 해당 교차로에 접근하는 자전거 이용자의 평균 통행속도에 따라 운영된다.
황색시간은 최대 6초로 하며, 이를 넘는 나머지 시간은 전적색시간으로 한다.
 - 가능한 범위에서 정지선을 앞으로 당겨서 교차로 횡단거리를 축소하여 자전거 이용자의 편의를 도모한다.
 - 황색 및 전적색시간을 산출하기 위해서는 횡단거리, 자전거의 접근속도, 감속도, 자전거 이용자의 반응시간 등을 고려해야 한다.
자전거 신호등의 운영에서 딜레마존을 최소화할 수 있는 적정 신호변환시간은 다음 공식에 따라 산출한다.

$$y + r_{all} \geq t_r + \frac{v}{2b} + \frac{(w+l)}{v}$$

여기서, y = 황색신호시간

r_{all} = 전적색신호시간

t_r = 자전거 이용자의 인지반응시간(1초)

v = 자전거 이용자의 속도(m/s)

b = 자전거 이용자의 감속도(1.2~2.5m/s²)

w = 교차로 횡단거리(m)

l = 자전거 길이(1.8m)

- 한편, 교차로 횡단거리가 짧거나, 계산된 자전거 신호등의 신호변환시간이 차량 신호등의 신호변환시간과 유사할 경우에는 차량 신호등의 녹색 및 황색신호시간을 적용할 수 있다.

해설

자전거전용도로에 설치되는 세로형 삼색등의 운영은 차량 신호등과 동일하게 「적색 → 녹색 → 황색 → 적색」의 순서로 한다.

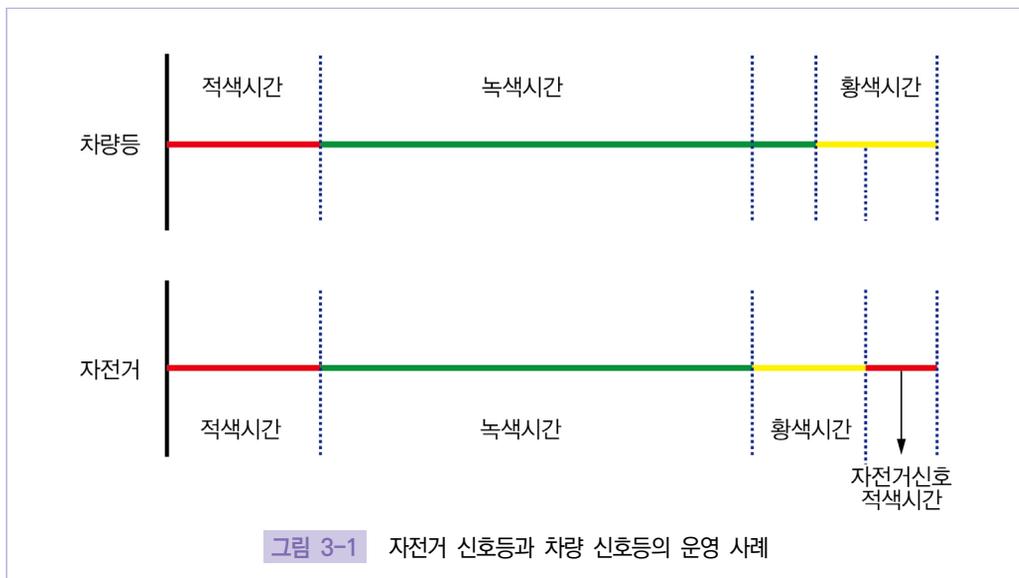
각 신호교차로에서 황색시간의 길이는 해당 교차로에 접근하는 차량의 평균 통행속도에 따라 상이하게 적용된다. 일반적으로 제공되는 3~6초의 황색시간은 대부분의 경우에 자전거 이용자에게도 적합하다고 볼 수 있다. 그러나 이 경우 자전거 이용자의 교통안전을 고려하여 1~2초 정도의 전적색시간을 추가하는 것을 권장한다.

다만, 교차로를 통과하는 차량의 속도와 자전거의 속도가 상이하므로 신호변환 시간(황색+전적색시간) 산출방법이 달라질 수 있다. 신호변환시간의 설정이 잘못된 경우, 딜레마존이 발생하며 운전자 및 자전거 이용자가 황색신호를 무시하거나 너무 민감하게 반응하여 교차로 내에서 추돌사고나 측면 충돌사고와 같은 교통사고를 발생시킬 수 있다.

또한, 과도하게 길게 적용된 신호변환시간은 교차로 이용효율을 떨어뜨리고 용량을 감소시키는 요인으로 주의하여야 한다. 적정 신호변환시간을 산출하기 위해서는 교차로의 폭, 접근속도, 임계감속도, 운전자 반응시간 등의 영향인자를 고려해야 한다.

그러나 오르막 또는 내리막 등 해당구간의 도로 및 교통여건이 반영된 자전거 이용자의 속도를 조사하여 적용할 것을 권장한다. 또한, 자전거 이용자의 감속도 역시 충분한 현장조사 후에 적용하는 것이 타당하나 자전거 이용자의 안전을 도모하기 위하여 일반 평지의 경우 2.0% 이하의 값을 적용할 것을 권장한다.

자전거 신호등의 녹색시간과 신호변환시간은 [그림 3-1]과 같이 차량 신호등의 신호시간 범위 내에서 결정하는 것이 바람직할 것이다.



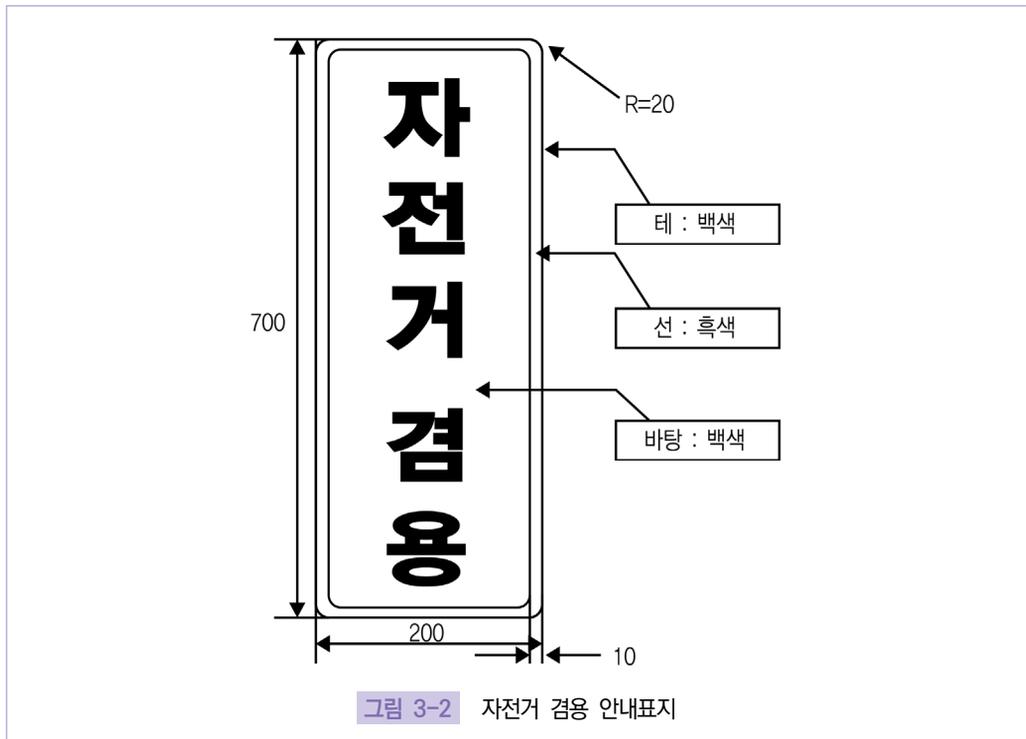
다음 <표 3-1>, [그림 3-1]은 교차로에서 자전거의 속도 및 감속도, 교차로 폭에 따른 자전거 신호등의 신호변환시간(황색+전적색시간)을 계산한 사례이다.

표 3-1 자전거의 속도, 감속도 및 교차로 횡단거리에 따른 신호변환시간 사례

구분	감속도 1.2%						감속도 1.5%					
	14km/h		20km/h		30km/h		14km/h		20km/h		30km/h	
	신출	적용	신출	적용	신출	적용	신출	적용	신출	적용	신출	적용
20	8.23	6(2)	7.24	6(1)	7.09	6(1)	7.90	6(2)	6.78	6(1)	6.39	6
25	9.51	6(4)	8.14	6(2)	7.69	6(2)	9.19	6(3)	7.68	6(2)	6.99	6(1)
30	10.80	6(5)	9.04	6(3)	8.29	6(2)	10.47	6(4)	8.58	6(3)	7.59	6(2)
35	12.08	6(6)	9.94	6(4)	8.89	6(3)	11.76	6(6)	9.48	6(3)	8.19	6(2)
40	13.37	6(7)	10.84	6(5)	9.49	6(3)	13.04	6(7)	10.38	6(4)	8.79	6(3)
45	14.65	6(9)	11.74	6(6)	10.09	6(4)	14.33	6(8)	11.28	6(5)	9.39	6(3)
50	15.94	6(10)	12.64	6(7)	10.69	6(5)	15.62	6(10)	12.18	6(6)	9.99	6(4)
55	17.23	6(11)	13.54	6(8)	11.29	6(5)	16.90	6(11)	13.08	6(7)	10.59	6(4)
60	18.51	6(13)	14.44	6(9)	11.89	6(6)	18.19	6(12)	13.98	6(8)	11.19	6(5)

구분 교차 로폭 (m)	감속도 1.2%						감속도 1.5%					
	14km/h		20km/h		30km/h		14km/h		20km/h		30km/h	
	신출	적용	신출	적용	신출	적용	신출	적용	신출	적용	신출	적용
20	7.58	6(2)	6.31	6	5.70	6	7.38	6(1)	6.04	6	5.28	5
25	8.86	6(3)	7.21	6(1)	6.30	6	8.67	6(2)	6.94	6(1)	5.88	6
30	10.15	6(4)	8.11	6(2)	6.90	6(1)	9.95	6(4)	7.84	6(2)	6.48	6
35	11.44	6(5)	9.01	6(3)	7.50	6(2)	11.24	6(5)	8.74	6(3)	7.08	6(1)
40	12.72	6(7)	9.91	6(4)	8.10	6(2)	12.53	6(7)	9.64	6(4)	7.68	6(2)
45	14.01	6(8)	10.81	6(5)	8.70	6(3)	13.81	6(8)	10.54	6(5)	8.28	6(2)
50	15.29	6(9)	11.71	6(6)	9.30	6(3)	15.09	6(9)	11.43	6(5)	8.88	6(3)
55	16.58	6(11)	12.61	6(7)	9.90	6(4)	16.38	6(10)	12.34	6(6)	9.48	6(3)
60	17.86	6(12)	13.51	6(8)	10.50	6(5)	17.67	6(12)	13.24	6(7)	10.08	6(4)

주1.) ()안은 자전거 신호등의 적색신호를 운영할 수 있는 시간으로 현장여건에 따라 황색신호와의 비율을 조정할 수 있다.
주2.) 본 표는 위에서 제시한 공식에 의거한 산출한 신호변환시간으로 도로구조 및 교통상황에 따른 공학적 판단하에 증감할 수 있음



제4장

우선신호운영

제1절 우선신호의 개념

제2절 우선신호 방식

제3절 우선신호 적용 대상 및 기준

제4절 우선신호 기법

제5절 우선신호 제어절차





제1절 우선신호의 개념

우선신호(Traffic Signal Preemption and Priority Control)는 신호가 운영 중인 교차로에 대중교통 또는 소방차, 구급차 등 긴급차량과 같은 특정차량이 교차로를 우선 통과할 수 있도록 우선권을 부여하는 신호운영이다. 교통신호시간 및 현시조정을 통해 교차로 통과 우선권을 제공하는 신호운영이라는 의미에서 국내에서는 “우선신호”라는 용어를 사용하고 있다.

우선신호는 철도에서부터 시작된 전통적인 신호운영 기법으로 긴급차량 우선신호시스템은 1960년대 미국에서 처음 도입되었다. 미국에서는 우선신호의 운영 목적에 따라 Preemption과 Priority로 용어를 구분하여 사용하고 있으며 주로 철길건널목, 긴급차량에 적용되는 우선신호 시스템은 Preemption, 대중교통에 적용되는 우선신호는 Priority로 명명하고 있다.

Preemption은 긴급차량의 신속하고 안전한 출동, 철길건널목 등에서 안전하고 신속한 교차로 통과를 위해 정상신호운영을 중단하고 대상차량에 통행 우선권을 즉시 부여하는 신호운영 전략이다. 긴급차량 우선신호는 대상차량의 이동권 확보를 위해 그 외 이동류의 흐름을 방해하므로 우선신호운영 후 정체 해소를 위한 보상 신호운영방안을 함께 고려할 필요가 있다.

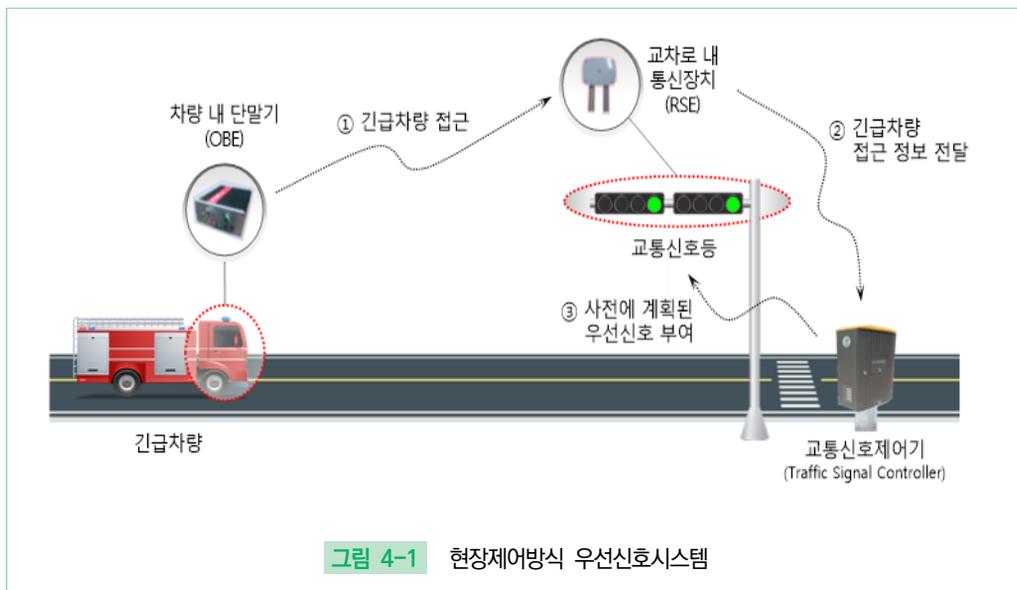
반면 Priority는 대중교통, 화물차, 응급 의료 서비스 차량 등의 정시성 확보 또는 통행시간 단축을 위해 정상신호를 유지한 상태에서 녹색신호 시간을 조정하여 연동진행이 가능하도록 지원한다. 긴급차량 우선신호와 달리 일반차량 이동류의 방해를 최소화하면서 신호를 조정하는 기법으로 우선권 제공의 즉시성과 강제성이 적어 타 교통류에 미치는 영향도 상대적으로 적은 편이다.

제2절 우선신호 방식

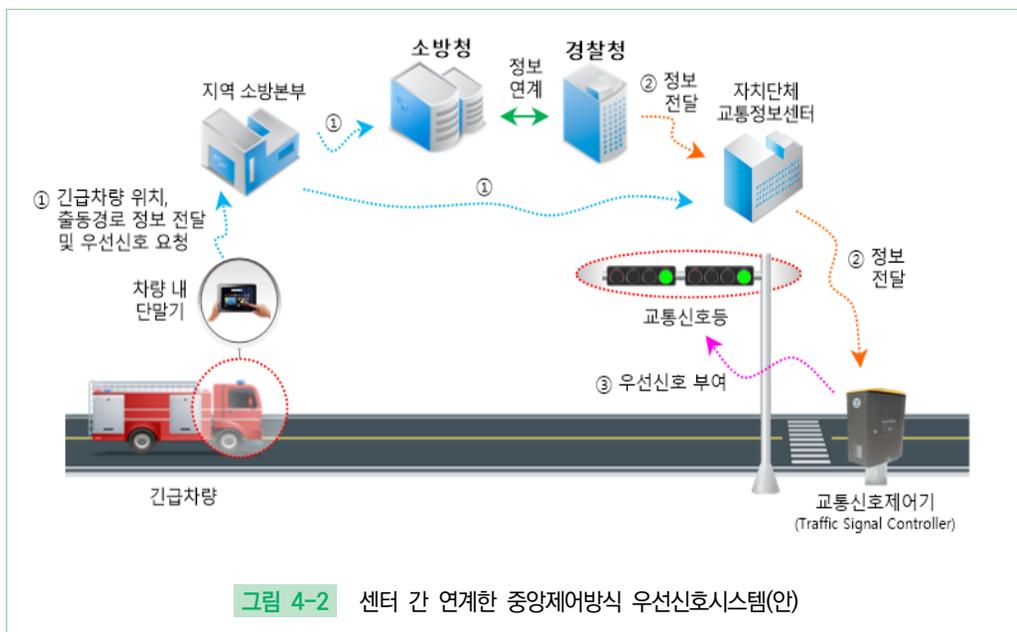
본 업무편람에서는 현재 규격화되어 소방차·구급차 등에 적용하고 있는 긴급차량 우선신호를 중심으로 기술하였으며, 세부 규격은 「교통신호기 관리 업무편람 ①」의 제9장 「긴급차량 우선신호시스템 표준규격」을 참조하기 바란다.

긴급차량 우선신호는 소방차와 같은 긴급차량이 신호교차로 진입 시 녹색시간을 긴급차량에 우선적으로 제공하는 신호운영을 말한다. 제어방식은 현장에서의 차량 검지 유무, 제어센터 유무 등에 따라 현장제어방식과 중앙제어방식으로 구분하고 있다.

현장제어방식은 차량 및 교차로에 설치된 통신장치를 통해 차량의 교차로 접근을 확인하고 신호제어기를 통해 우선신호를 부여하는 방식이며,



중앙제어방식은 긴급출동 시 요청 경로에 대해 교통정보센터에서 신호를 제어하는 방식으로 인접 도시 간 광역 출동을 지원할 수 있도록 경찰청과 소방청 센터를 연결하는 센터간 연계 규격 마련을 위해 현재 시범운영 중이다.



제3절 우선신호 적용 대상 및 기준

긴급차량 우선신호시스템은 긴급차량의 현장출동시간, 응급 이송시간 등의 단축이 가능하나, 긴급차량의 우선신호 부여로 인한 일반차량의 지체 우려가 있으므로 서비스의 사용으로 인한 파급효과를 고려하여 국민의 안전과 생명에 지극히 위험이 있는 경우로 한정할 필요가 있다.

또한, 소방차량의 경우 긴급출동 시 소방관서에서 구급차·소방차 등 최소 2~3대 이상의 긴급차량이 줄지어 출동함에 따라 교차로 통과 시 우선신호가 반드시 필요하나, 경찰차량의 경우 긴급출동 시 각각 별도로 근무 중이던 거점근무 장소에서 사건 등 발생 장소로 집결하는 형태로 우선신호 부여 시 일반차량에 지·정체를 심화시킬 수 있으니 우선신호의 적용 필요성에 대해 도로 및 교통여건 등을 신중히 검토 후 적용이 필요하다.

이에 소방차량의 긴급차량 우선신호시스템 운영은 긴급한 구급, 소방출동에만 우선신호를 부여하도록 하며, 국가화재 분류체계 구급활동일지에 따른 출동통계자료³⁾ 등에 근거하여 우선신호를 작동할 수 있는 세부 출동기준을 수립하였다.

- 화재 : 출동 지연으로 인명·재산 피해가 확대되거나, 2차 사고 및 도로정체를 유발하는 화재(1~3단계)에 해당하는 출동에 우선신호 부여
 〈예시〉 주거, 비주거(교육·의료 등), 특수(위험물, 철도, 항공기 등), 차량화재

표 4-1 화재출동 기준

구분	권장 조건	비고	
1	출동 지연 시 인명피해가 확대될 수 있는 실내화재	주거화재	단독주택, 연립주택, (주상복합)아파트 등 공동주택 및 기숙사 등 주거공간 화재
		비주거화재	교육시설, 판매업무시설, 의료시설, 산업시설, 문화재 및 서비스시설 등 생활공간 화재
2	초기소화 여부에 따라 재산피해가 큰 폭으로 확대되는 화재	특수화재	위험물탱크 및 시설, 철도, 선박, 항공기 등 특수시설화재
3	2차 사고의 가능성, 도로정체를 유발하는 차량화재	차량화재	일반, 화물, 특수 차량 및 친환경자동차(전기, 수소, 하이브리드)등
4	인명피해가 드물고 기상상황의 영향이 큰 임야화재	임야화재	국유림, 사유림, 공유림 등
5	장시간 소요 화재로 출동지연에 큰 영향을 받지 않는 화재	기타화재	쓰레기, 아적장, 가로등, 도로 및 공공시설 등

- 구급 : 신속한 응급처치가 생명과 직결되거나, 응급처치 지연으로 환자의 상태가 악화될 가능성이 있는 구급(1~2단계)에 해당하는 출동에 우선신호 부여
 〈예시〉 분만, 의식장애, 호흡정지, 심정지, 절단, 마비, 흉통, 호흡 곤란 등

3) 국가화재분류체계 및 구급활동일지에 따른 소방청의 통계자료를 근거로 전체 출동 건의 약 8.1%(화재 : 0.9%, 구급 : 7.2%에 우선신호를 부여

표 4-2 구급출동 기준

단계	환자의 특징	환자증상
1	즉각적인 응급처치에 의해 생사와 장애여부가 결정되는 환자	분만진통, 의식장애, 기도이물, 호흡정지, 심정지, 절단, 편마비, 사지마비
2	응급처치가 지연될 경우 신체에 장애가 생길 가능성이 있는 환자	흉통, 호흡곤란, 경련·발작, 압계손상, 다발성 골절, 객혈, 토혈, 저체온증, 화상
3	응급처치가 지연될 경우 상태가 악화될 가능성이 있는 환자	두통, 복통, 심계항진, 단순골절, 실신, 고열, 정신장애
4	응급처치 및 의사의 진료가 필요한 환자	요통, 그밖의 통증, 기침, 탈구, 열상, 오심/구토, 배뇨장애, 비출혈, 질출혈, 그밖의 출혈, 어지러움, 전신쇠약, 이물질, 기타
5	출동 및 이송지연에 큰 영향을 받지 않는 환자	염좌, 찰과상, 타박상, 설사, 변비

- 기타 : 화재·구급 출동기준에는 해당하지 않으나 구급상황에 해당될 여지가 있는 구조활동 또는 복합(화재·구급) 상황으로 인해 긴급성이 요구되는 경우
 <예시> 구조활동 : 자살기도자, 아파트 난간에서의 추락위험 등
 복합출동 : 화재 출동기준에 미해당, 화재 현장에 구조대상자가 있는 경우

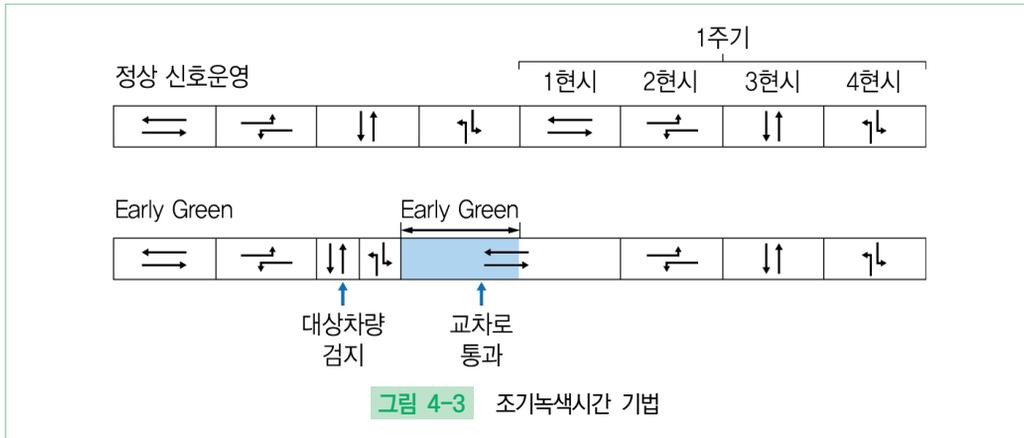
단, 모든 서비스 대상차량과 관리기관 정보는 신호운행을 담당하고 있는 관할 시·도경찰청 및 경찰서와 사전 협의된 경우에만 허용된다.

소방서 등에서는 잦은 우선신호 부여에 따라 신호연동이 저해되는 것과 일반차량의 정체를 최소화하기 위해 위 표 4-1, 표 4-2에서 제시한 화재·구급 출동범위 내에서 신중히 고려하여 우선신호를 요청하여야 한다.

제4절 우선신호 기법

우선신호 기법에는 조기녹색시간, 녹색시간연장, 현시삽입, 현시생략, 현시순서변경 등이 있다.

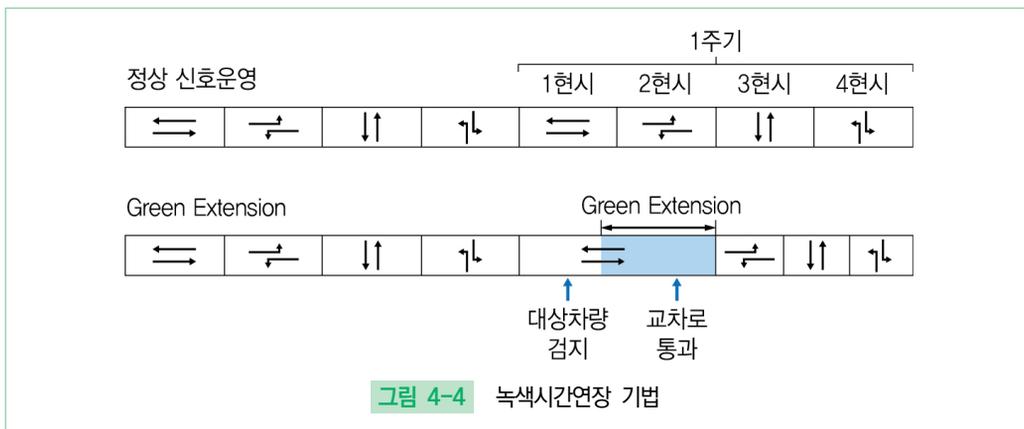
- 조기녹색시간 (early green time)
 조기녹색시간은 우선신호가 필요한 대상차량이 적색현시 종료시점 전에 도착할 것으로 예측될 때, 진행현시를 미리 앞당겨 대상차량의 지체시간을 단축하는 방법이다.
 이 방법은 우선신호 요구 현시 사이에 있는 현시의 녹색시간을 최소녹색시간만큼 감소시켜 얼마나 빠르게 우선신호로 전환할 수 있는가가 관건이다. 상대적으로 현장적용이 용이하고, 운전자의 혼란을 최소화할 수 있는 방법 중 하나이다.



○ 녹색시간연장 (green time extension)

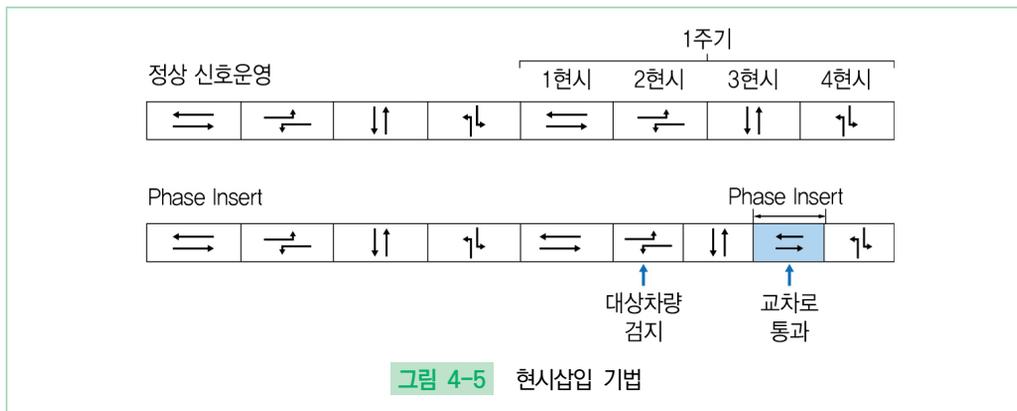
녹색시간연장은 우선신호가 필요한 대상차량이 적색현시 시작 후 도착할 것으로 예측될 때 진행현시의 녹색시간을 차량이 통과할 때까지 연장하여 운영하는 방법이다.

이 방식은 우선신호를 요청하는 차량이 진행방향 현시에 가깝게 도착할 때 최대한 지체 없이 통과할 수 있도록 하는 전략이다. 검지시스템에 의해 차량이 진출하는 것이 확인되면 본래의 신호로 복귀한다. 조기녹색시간 방식과 마찬가지로 개별현시의 최소녹색시간, 황색시간, 전이 시간이 보장된 상태에서 우선신호를 제공하는 방법이므로 현장적용이 용이하고, 운전자 혼란이 최소화되는 방법이다.



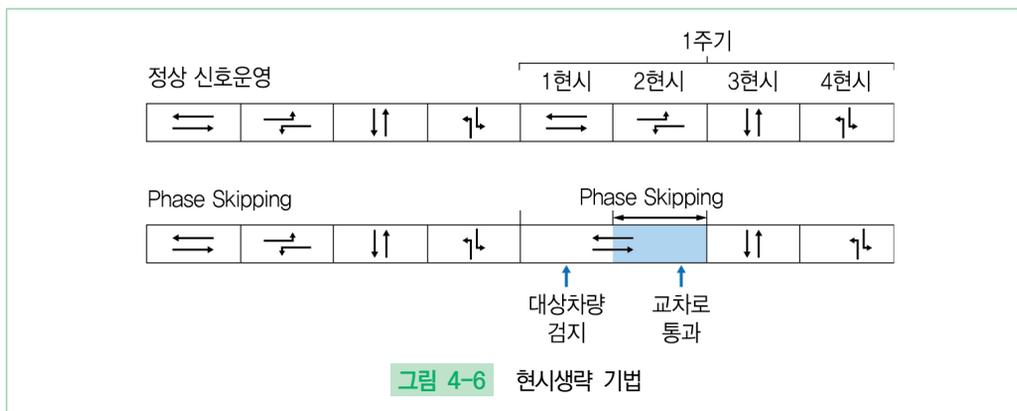
○ 현시삽입 (phase insert)

현시삽입은 우선신호가 필요한 대상차량이 적색신호에 도착할 것으로 예측될 때 긴급차량이 교차로를 통과할 정도의 시간만큼만 진행현시를 삽입하는 방식이다. 현시 수가 증가해도 모든 방향의 최소 녹색시간이 확보될 만큼 주기가 긴 경우에 적용할 수 있다. 현시삽입 방법은 주기 내 현시수가 증가하여 이로 인한 신호교차로 용량손실이 발생하는 단점이 있다.



○ 현시생략 (phase skipping)

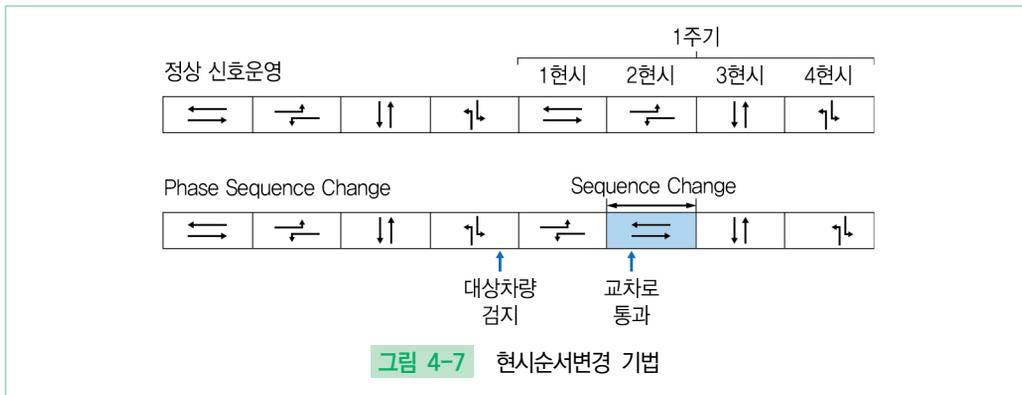
현시생략은 우선신호가 필요한 대상차량이 적색신호에 도착할 것으로 예상될 때, 타 방향의 현시를 생략하여 우선차량의 진행현시를 제공해 지체를 단축하는 방식으로 주로 회전교통량이 많은 곳에 적용한다. 타 방향의 현시 중 수요가 적은 방향의 현시를 순차적으로 생략하기 때문에 지체 단축효과가 크다. 이 방법은 연동축과 같이 한 방향으로 교통량이 집중되는 간선도로 등에서는 우선신호 현시 이후 연동방향 현시로 시작할 수 있게 계획하면 옅셋 및 주기를 맞추기 위한 부가 시간을 연동축에 할당함으로써 효율을 높일 수 있다.



- 현시순서변경 (phase sequence change)

현시순서변경은 현시생략과 마찬가지로 우선신호가 필요한 대상차량이 적색신호에 도착할 것으로 예측될 때 이후 제공될 녹색현시와 적색현시를 교환하여 우선차량에 진행현시를 제공하는 방법이다. 이 방식은 신호주기 및 현시수를 유지하여 교차로 용량감소가 발생하지 않은 장점이 있다.

현시생략과 현시순서변경 방법은 지체 및 교차로 용량감소가 적지만, 신호의 순서가 변경됨으로써 일반 차량에 혼동을 야기할 우려가 있으며, 주기가 유지되지 않아 신호연동이 어려운 문제점이 있다.



제5절 우선신호 제어절차

우선신호는 우선신호가 필요한 대상차량과 운영목적에 따라 우선신호를 제어하는 전략에 차이가 있으나, 신호를 제어하기 위한 절차는 동일하다. 우선신호 제어절차는 크게 5단계 (차량검지 - 제어전략 결정 - 신호제어 - 우선신호 지속여부 결정 - 회복)로 구분할 수 있다.

- 상류부 차량 검지

상류부 차량 검지영역에 우선신호 제어 요청차량이 검지되면 신호제어요청(Signal Request Message)을 보낸다. 교통신호제어기는 해당 제어 요청정보를 수신하여 요청한 서비스를 처리한다.

- 우선신호 제어전략 결정

교통신호제어기는 우선신호 제어요청 시점의 상황에 따라 조기녹색시간(Early Green), 녹색연장(Green Extension), 현시삽입(Phase insert), 현시생략(Phase Skipping), 현시순서변경(Phase Sequence Change) 등 적절한 긴급차량 우선신호 제어전략을 결정한다.

○ 우선신호 제어

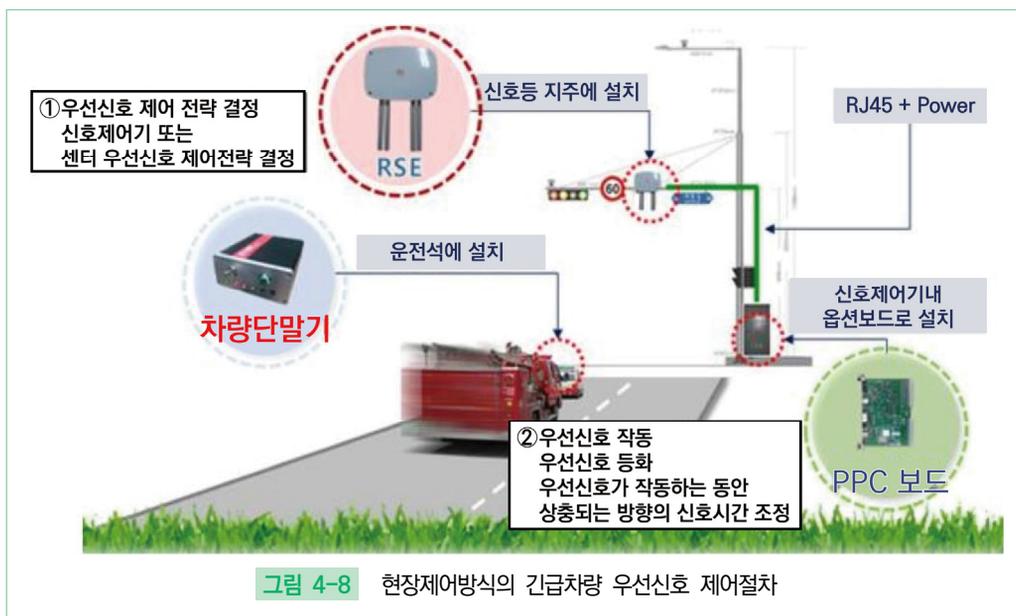
우선신호 제어가 활성화되고, 제어기는 우선권 전환절차를 시작한다. 이 과정 동안 교통신호 제어기는 제어대상 신호현시와 상충되는 신호 현시를 안전하게 전환하여 대상차량이 요청한 신호현시 우선권을 제공한다.

○ 우선신호 지속여부 결정

하류부 검지영역을 통해 우선신호 제공 대상차량의 교차로 진출을 판단함으로써 우선신호 현시의 지속여부를 판단한다.

○ 회복

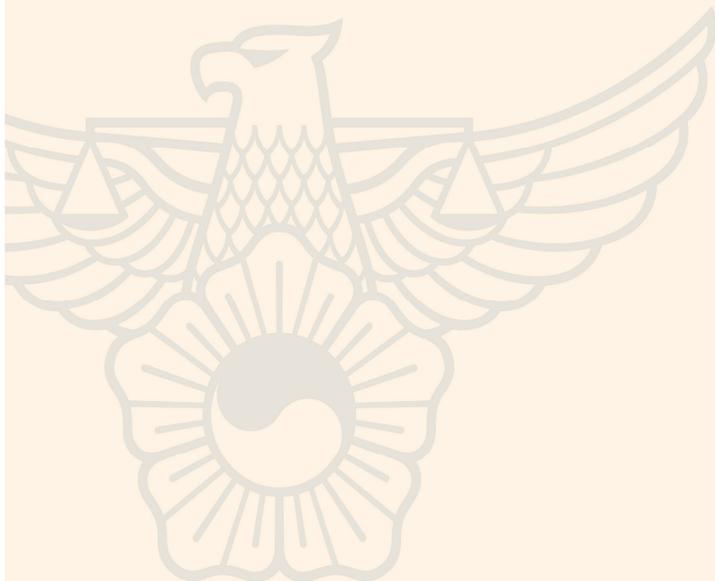
대상차량이 교차로를 통과한 이후, 교통신호제어기는 정상신호 상태로 돌아가기 위한 회복 절차를 시작한다. 우선신호 종료 후 복귀할 회복현시는 운영자에 의해 특정현시로 지정될 수 있으며, 일반적으로 우선신호 작동으로 인해 지체가 발생하여 보상이 필요한 이동류를 우선적으로 고려한다. 그러나 연속된 신호교차로의 경우 우선신호로 인해 중단된 신호 연동이 재개될 수 있도록 한다.



부 록

부록1 교통신호기 사업

부록2 교통신호기 지주설계 계산예



부록

부록1

교통신호기 사업



제1절 교통신호기 사업 기본계획 작성

당해년도 교통신호기 공사관련 사업 기본계획 작성시, 기 작성된 계획서 등을 토대로 확보된 예산 범위 내에서 교통신호기 사업을 시행하는 데 필요한 세부 기본계획서를 작성한다. 기본계획서에 포함되어야 할 내용은 다음과 같다.

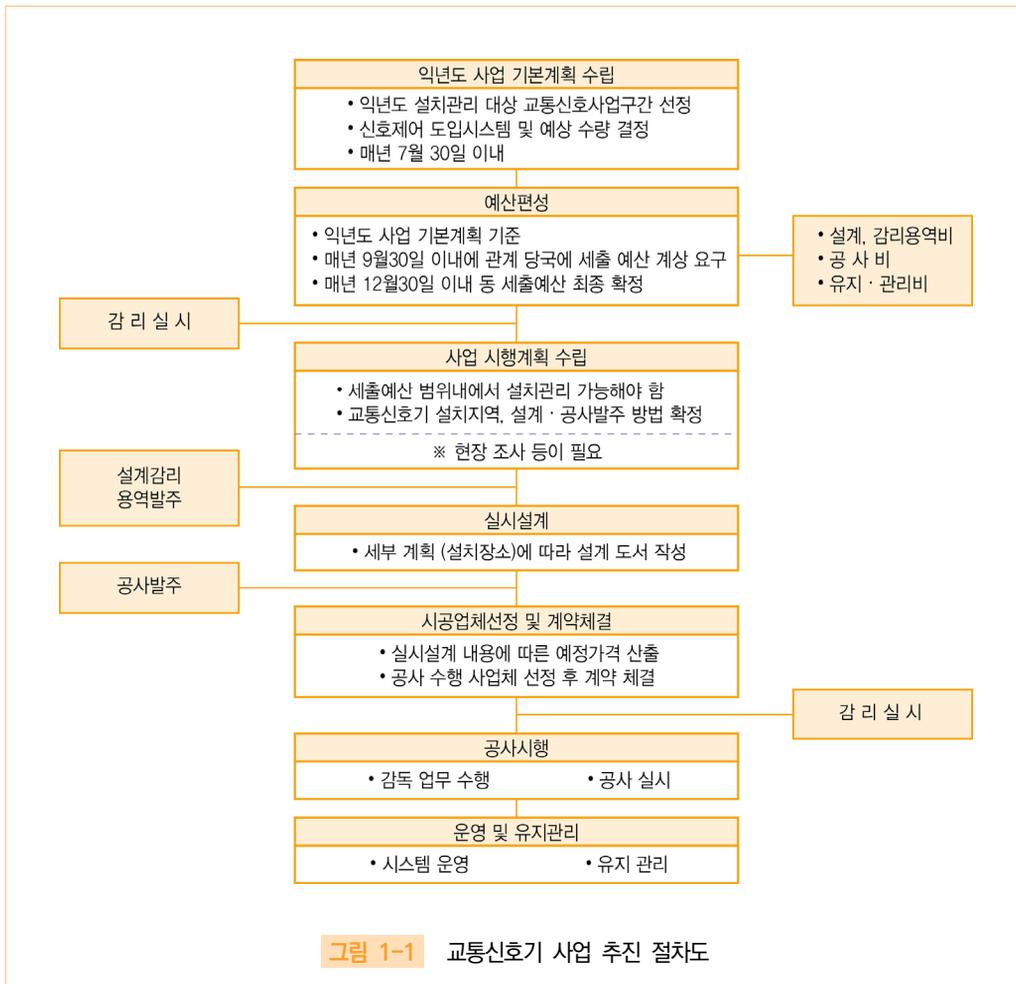
- 사업 개요
- 교통신호기시스템 결정 (일반, 전자, 지능형체계 등)
- 예정가격

1. 사업 배경 및 목적

교통신호기 설치 공사의 배경과 목적 등을 기술한다. 예를 들어 설치구간의 경우, 인접 교통신호 제어기 간에 독립된 신호운영으로 인하여 발생하는 문제점을 제시하고 이를 해결하기 위한 대안의 하나로서 일반신호구간 연동화 사업의 필요성을 강조한다. 일반적으로 교통신호기 설치에 따른 목적은 다음과 같다.

- 교통용량 증대 및 서비스 수준 향상
- 사고 감소 및 예방
- 주도로에 통행 우선권 부여

사업 필요성 및 목적 등이 정책 결정자에 의해 승인된 후 추진되는 교통신호기 사업의 절차는 [그림 1-1]과 같다.



2. 사업 대상구간 선정

교통신호기 사업구간을 선정하기 위해서는 관내 도로구간의 교통 현황과 본 업무편람에서 정한 교통신호기 설치기준 충족여부를 판단한 후, 추후 확보될 예산범위에 따라 증감 가능하도록 사업대상 후보지역을 4단계 정도로 구분한다.

- 상습적인 정체가 발생하는 지역중 정체 원인이 인접 교통신호기 설치구간에도 영향을 미쳐 전반적으로 도로 소통을 저해하는 경우
- 전자신호체계 구간 내에 일반교통신호제어기가 부분적으로 설치 운영되어 교통류 흐름에 장애가 되고 있는 지역
- 현재 운영중인 일반교통신호제어기의 내구연한(부록 제4절 <표 1-9> 참조)을 초과한 지역을 전자교통신호기 또는 지능형교통신호기 구간으로 변경하고자 하는 지역
- 기타 교통신호기를 신설하거나 전략적으로 필요하다고 판단되는 지역

3. 소요예산 추정 절차

가. 교통신호기 운영방식 결정

교통신호기 설치예정 구간에 대하여 경제적이고 시행의 용이성 측면에서 가장 합리적인 방식 (일반신호, 전자신호, 지능형 신호체계 중 택일)을 결정한다.

나. 개략적인 소요물량 파악

선정된 운영방식에 따라 개략적인 소요물량을 산출한다.

- 일반교통신호기 공사시
 - 교통신호제어기 수량 및 관로 구축 물량 산출 : 신설 또는 교체되는 교통신호제어기 수량 및 관로 구축 물량 산출
- 연동선 관로 구축 물량 산출

연동선 관로 계획 시에는 통상 교통신호제어기가 설치된 도로변을 기준으로 관로를 계획하는 것이 일반적이나 지장물 여부와 보도 종류 (사리도, 소형고압, 콘크리트, 아스팔트, 아스콘 등)에 따라 물량을 조정하여 결정한다.

- 일반신호 연동화 방법에 의한 무선시보 카드 장착 방식
 - 교통신호제어기 수량 : 신설 또는 교체되는 교통신호제어기 수량 산출
 - 무선시보카드 수량 산출
- 전자교통신호기 설치시 미니센터 또는 교통정보센터 설치에 의한 방식

- 미니센터 시스템 (대단위 교통정보센터)구축비용 산출
 - 센터컴퓨터 및 운영프로그램 (S/W) 1식, 중앙통신장비, 단자함설치비
 - 통신선 관로 구축 물량 산출 : 연동선에 의한 방식과 동일
- 교통신호제어기 및 통신 모뎀 수량 산출
 - 신설(교체)되는 교통신호제어기 수량, 전용회선 설치비 및 임대료

다. 공사비 산출

교통신호기 설치 공사시의 소요 공사비는 일반적으로 <표 1-1>에 제시된 항목과 방법에 따라 산출한다. 기타 상세한 사항은 한국건설기술연구원에서 제공하는 건설표준품셈의 회계예규 예정 가격 작성기준에 준한다.

표 1-1 공사비 산출서

공사명: _____ 공사기간 : . . . ~ . . .

구 분		금 액	산 출 근 거	비고
1. 재 료 비				
2. 직 접 노 무 비				
3. 간 접 노 무 비			[직접노무비] × 11.5%	
제경비	4. 기 계 경 비			
	5. 산 재 보 험 료		[직접노무비+간접노무비] × 3.6%	
	6. 고 용 보 험 료		[직접노무비+간접노무비] × 0.79%	
	7. 건 강 보 험 료		[직접노무비] × 1.7%	
	8. 연 금 보 험 료		[직접노무비] × 2.49%	
	9. 퇴직공제부금비		[직접노무비] × 2.30%	
	10. 안 전 관 리 비		[재료비+직접노무비] × 1.24%	
	11. 기 타 경 비		[재료비+직접노무비+간접노무비] × 5.8%	
소 계			[기계경비+산재보험료+고용보험료+건강보험료+연금보험료+퇴직공제부금비+안전관리비+기타경비]	
12. 일 반 관 리 비			[재료비+직접노무비+간접노무비+소계] × 6%	
13. 이 윤			[직접노무비+간접노무비+소계+일반관리비] × 15%	
14. 공 급 가 액			[재료비+직접노무비+간접노무비+소계+일반관리비+이윤]	
15. 부 가 가 치 세			[공급가액] × 10.00%	
16. 전 용 회 선 임 대 료				
17. 복 구 비				
18. 총 공 사 비			[공급가액+부가가치세+전용회선임대료+복구비]	

주) 본 예시는 5억 미만 6개월 이하 적용기준(11)으로, 세부적용사항은 조달청 매해 년도별 공사원가계산 제비율 적용기준을 참조한다.

4. 공사원가 계산방법

가. 공사원가

공사원가란 공사 시공 과정에서 발생한 재료비, 노무비, 경비의 합계액을 말한다.

나. 작성방법

공사원가 계산을 하고자 할 때는 공사원가 산출서 (〈표 1-1〉참조)를 작성하고 비목별 산출근거를 명시한 기초 계산서를 첨부하여야 한다.

다. 재료비

재료비는 공사원가를 구성하는 것으로서 직접 재료비 및 간접 재료비를 말한다.

- 직접 재료비 : 공사 목적물의 실체를 형성하는 물품의 가치
 - 부분품비 : 공사 목적물에 원형대로 부착되어 그 조성 부분이 되는 매입부품, 수입부품, 외장재료 및 재료를 외부에 가공시키는 외주가공품 경비로 계상되는 것을 제외한 외주품의 가치
 - 주요재료비 : 공사 목적물의 기본적 구성형태를 이루는 물품의 가치
- 간접 재료비 : 공사 목적물의 실체를 형성하지 않으나 공사에 보조적으로 소비되는 물품의 가치로서 다음과 같다.
 - 가설 재료비 : 공사 목적물의 실체를 형성하는 것은 아니지만 동 시공을 위하여 필요한 가설재의 가치
 - 소모 재료비 : 기계오일, 접착제, 용접가스, 장갑 등 소모성 물품의 가치
 - 소모공구, 기구, 비품비 : 내구연한 1년 미만으로서 구입 단가가 법인세법 규정에 의한 상당금액 이하로 감가상각 대상에서 제외되는 소모성 공구, 기구, 비품의 가치

재료의 구입 과정에서 당해 재료에 직접 관련되어 발생하는 운임, 보험료, 보관비 등의 부대비용은 재료비로서 계산된다. 다만, 재료 구입 후 발생하는 부대 비용은 경비의 각 비목으로 계산한다.

계약 목적물의 시공 중에 발생하는 작업부스러기, 부산물 등은 그 매각액 또는 이용 가치를 추산하여 재료비로부터 공제하여야 한다.

라. 노무비

노무비는 제조 원가를 구성하는 직접 노무비, 간접 노무비를 말한다.

- 직접 노무비는 제조현장에서 계약 목적물을 완성하기 위하여 직접 작업에 종사하는 종업원 및 노무자에 의하여 제공되는 노동력의 대가로서 다음 각호의 합계액으로 한다.

다만, 상여금은 연 400%, 제수당 및 퇴직급여 총당금은 근로기준법상 인정되는 범위를 초과하여 계상할 수 없다.

- 기본급 : 재무부 장관이 결정·고시하는 정부 노임단가로서 동 단가에는 기본급의 성격을 갖는 정근수당·가족수당·위험수당 등이 포함된다.
- 제수당 : 기본급의 성격을 갖지 않는 기산외 수당·야간수당·휴일수당 등 작업상 통상적으로 지급되는 금액을 말한다.
- 상여금, 퇴직급여 총당금
- 간접 노무비는 직접 제조 작업에 종사하지 않으나 작업 현장에서 보조작업에 종사하는 노무자 및 종업원과 현장 감독자 등의 기본급, 제수당, 상여금, 퇴직급여 총당금의 합계액으로 한다. 다만, 직접 노무비의 규정은 이를 준용한다.
- 직접 노무비는 제조공정별로 작업인원, 작업시간, 제조수량을 기준으로 계약 목적물 제조에 소요되는 노무량을 산정하고 노무비 단가를 곱하여 계산한다.
- 간접 노무비는 원가 계산의 자료의 비치 및 활용 규정을 이용하여 직접 노무비에 대하여 간접 노무비율(간접 노무비/직접 노무비)을 곱하여 계산한다.
- 원가계산 자료의 비치 및 활용 규정은 다음과 같다.

계약 담당 공무원은 원가 계산에 의한 예정 가격을 작성함에 있어서 적당하다고 예상되는 수치를 활용하거나(수의계약 대상업체에 대하여는 당해 업체의 최근 연도 원가계산 자료), 동업체의 제조(공정) 확인 결과를 활용하여 공사 원가의 비목별 가격 결정 및 일반 관리비 계상을 위한 기초 자료로 하여야 한다.

계약 담당 공무원은 공사원가 계산을 위하여 정부 제정 「표준품셈」에 따라 공사원가의 비목별 가격 결정의 기초자료로 하며 동 품셈적용 대상 공사가 아닌 경우와 동 품셈적용을 할 수 없는 경우에는 가)를 준용한다.

표 1-2 공사종류, 규모·기간별 간접노무비 계상기준표

(단위:%)

공사 종류별				공사 규모별			공사 기간별		
건축	토목	특수	기타	5억 미만	5~30억	30억 이상	6 월이하	7~12월	13월 이상
14.5	15	15.5	15	14	15	16	13	15	17

주 1.) 공사종류 중 전문, 전기, 통신 등이 기타에 해당

주 2.) 간접노무비율의 예: 공사규모가 10억이상이고 공사기간이 15개월인 기타공사(전문, 전기, 통신 등)의 경우 ⇒ 간접노무비율=(15%+15%+17%)÷3 = 15.6%

마. 경비

- 경비는 공사 원가 중 재료비, 노무비를 제외한 원가를 말하며, 기업의 유지를 위한 관리활동 부문에서 발생하는 일반 관리비와 구분된다.
- 경비는 당해 계약 목적물 시공기간내의 소요량을 측정하거나 원가 계산자료 비치 및 활용 규정에 의한 계약서, 영수증 등을 근거로 예정하여야 한다.
- 경비의 세부비목은 다음과 같다.
 - 가설비 : 필요한 가설물의 설치에 소요되는 비용
 - 기계경비 : 정부 표준 품셈상의 건설기계의 경비산정기준에 의한 비용
 - 기술료 : 당해 계약 목적물을 시공하는데 직접 필요한 기술공법 및 동 부대비용(외부 지급비용)을 말하며 법인세법상의 시험 연구비에서 정한 바에 따라 이연상각되는 그 사용비례를 기준, 배분계산한다.
 - 도서인쇄비 : 참고서적 구입비, 인쇄비, 사진제작비(비디오 제작비 포함)
 - 보관비 : 소요재료, 기자재 등의 창고사용료로 외부에 지급되는 것은 제외
 - 보험료 : 법령 또는 계약 조건에 의하여 가입이 요구되는 보험료
 - 복리후생비 : 계약 목적물 시공에 종사하는 노무자, 종업원, 현장 사무소 직원 등의 약품대, 지급 피복비, 건강 진단비, 급식비 등 작업 조건에 직접 관련된 복리 후생비
 - 세금, 공과금 : 시공현장에서 부담할 재산세, 차량세 등의 세금 및 공과금
 - 소모품비 : 작업 현장에서 발생하는 문방구, 장부대 등 소모용품비
 - 수도광열비 : 계약 목적물 시공시 직접 소요되는 수도광열 비용
 - 안전관리비 : 작업 현장에서 산업재해 및 건강장해 예방을 위하여 법령에 의거 요구되는 비용
 - 여비·교통비·통신비 : 여비, 차량 유지비, 전신전화 사용료, 우편료
 - 연구개발비 : 시공에 직접 필요한 기술개발 및 연구비로서 시험 및 시범 제작에 소요된 비용 또는 연구기관에 의뢰한 기술개발 용역비와 법령에 의한 기술개발 촉진비 및 직업 훈련비
 - 외부가공비 : 재료를 외부에 가공시키는 실가공비용(외부 지급분은 제외)
 - 운반비 : 재료비에 포함되지 않은 운반비(운송비, 하역비, 상·하차비 등)
 - 전력비 : 계약 목적물을 시공하는데 직접 소요되는 전력비용
 - 지급수수료 : 법률로서 규정되어 있거나 의무 지원된 수수료
 - 지급 임차료 : 토지, 건물, 기계기구(건설기계제외)의 사용료
 - 특허권 사용료 : 타인 소유의 특허권을 사용할 경우에 지급되는 사용료
 - 폐기물 처리비 : 오물, 잔재물, 폐유 등 공해유발 물질 처리 비용
 - 품질관리비 : 관련 법령이나 계약 조건에 의한 품질시험시 실제 소요비용

바. 일반관리비 [(재료비+노무비+경비)의 %]

기업 유지를 위한 관리활동부문에서 발생하는 제비용으로서 공사원가에 속하지 아니하는

모든 영업비용 중 판매비 등을 제외한 다음의 비용, 즉, 임원급료, 사무실직원의 급료, 제수당, 퇴직급여충당금, 복리후생비, 여비, 교통통신비, 수도광열비, 세금과 공과, 지급임차료, 감가상각비, 운반비, 차량비, 경상 시험연구 개발비, 보험료 등을 말하며 기업 손익 계산서를 기준하여 아래와 같이 산정한다.

- 일반관리비 = 판매비와 일반관리비 - (광고선전비+접대비+대손상각 등)
- 일반관리비율 = 일반관리비÷매출원가×100으로서 공사원가에 6%의 일반관리 비율을 초과하여 계산할 수 없으며 <표 1-3>과 같이 공사 규모별로 체감 적용한다.

표 1-3 일반관리비 비율 산출기준

시 설 공 사		전문, 전기, 전기통신공사	
공사원가	일반관리비 (%)	공사원가	일반관리비 (%)
5억원미만	6.0	5천만원 미만	6.0
5억원~30억원	5.5	5천만~3억원	5.5
30억원이상	5.0	3억원이상	5.0

사. 이윤

이윤은 영업이익을 말하며 공사원가 중 노무비, 경비 및 일반 관리비의 합계액(이 경우 기술료 및 외주가공비는 제외한다)에 이윤율 15%를 곱하여 계산한 값을 초과하여 계산할 수 없다.

표 1-4 이윤율 산출기준

구분	이윤(%)	구분	이윤(%)
시설공사	15	용역	10
제조·구매	25		

아. 안전관리비

건설 사업장에서 산업재해 및 건강장애의 예방을 위하여 법 규정 사항의 이행에 필요한 비용으로서 <표 1-5>와 같다.

표 1-5 안전관리비 산출기준

공사종류	대상액 5억원 미만 (%)	5~50억원 미만		50억원이상 (%)
		비율(%)	기초액(원)	
일반 건설공사 (갑)	2.48	1.81	3,294,000	1.88
일반 건설공사 (을)	2.66	1.95	3,498,000	2.02
중건설공사	3.18	2.15	5,148,000	2.26
철도·궤도 신설공사	2.33	1.49	4,211,000	1.58
특수 및 기타건설공사	1.24	0.91	1,647,000	0.94

5. 설계 감리 비용 산출

교통신호기 관련 설계 감리 비용의 산정은 실비정액 가산방식과 공사비에 요율을 적용하는 요율 적용방식이 있는데 일반적으로 통신공사 부문 요율 적용방식을 사용한다. 적용되는 요율은 <표 1-6>을 참고한다.

표 1-6 통신부문 설계 감리 요율표

공사비	요율	적용 요율 (%)			계
		기본설계	실시설계	감리	
5천만원 이하		4.09	12.28	2.70	19.07
1억원 이하		3.84	11.55	2.53	17.92
2억원 이하		3.06	9.18	2.02	14.26
3억원 이하		2.79	8.38	1.84	13.01
5억원 이하		2.54	7.59	1.68	11.81
10억원 이하		2.24	6.71	1.48	10.43
20억원 이하		2.07	6.16	1.36	9.59
30억원 이하		1.99	5.95	1.31	9.25
50억원 이하		1.95	5.85	1.29	9.09
100억원 이하		1.89	5.70	1.25	8.84
200억원 이하		1.84	5.53	1.22	8.59
300억원 이하		1.82	5.49	1.21	8.52
500억원 이하		1.80	5.37	1.18	8.35
1,000억원 이하		1.76	5.30	1.16	8.22
2,000억원 이하		1.74	5.20	1.14	8.08
3,000억원 이하		1.72	5.11	1.13	7.96
5,000억원 이하		1.70	5.05	1.11	7.86
5,000억원 초과		기본설계요율 = $3.16 \times (\text{공사비}) - 0.023 - 0.000634$ 실시설계요율 = $12.02 \times (\text{공사비}) - 0.0323$ 공사감리요율 = $2.3088 \times (\text{공사비}) - 0.0271 - 0.00262$			

비고 1. “통신부문”이란 「엔지니어링산업 진흥법시행령」 별표1에 따른 엔지니어링기술 중에서 정보통신부문과 산업부문의 소방설비 분야를 말한다.

2. “공사감리”란 비상주 감리를 말한다.

3. 5,000억원 초과인 경우 공식에 의해 산출된 요율은 소수점 셋째자리에서 반올림한다.

6. 데이터베이스(Data Base) 구축 비용 산출

일반신호기 연동화 사업에 있어서 설치공사만으로 연동화 효과를 기대할 수 있는 것이 아니고, 시간대별로 현장상황에 가장 근사한 최적 신호제어변수를 설정하는 작업이 중요하다. 데이터베이스 산출 및 입력 작업을 외부 용역으로 발주하는 경우, <표 1-7>에 의거하여 시간대별 데이터베이스 산출과 입력 등에 대한 3개 기본항목의 비용을 계상한다.

표 1-7 데이터베이스 (DB) 산출 및 입력 용역비 산출

항목	내용	산출내역
현장 조사비	시간대별 회전 교통량 조사	당해연도 조사원 1일 노임 × 6인/교차로 1개소 × 교차로 수
	시간대별 속도, 지체도 조사	당해연도 조사원 1일 노임 × 2인/1개축 × 축 수
자료 분석비	일일 TOD 데이터 (주기, 녹색시간, 연동값)	당해연도 중급기술자 1일 인건비 × 1인/교차로1개소 × 3일× 교차로 수
데이터 입력비	신호교통신호제어기 데이터입력	당해연도 초급기술자 1일 인건비 × 1인/교차로1개소 × 0.25일× 교차로 수

주) 현장여건에 따라 다르지만 통상 1일 8개 계획 작성하는 것을 기준으로 산출

7. 총 소요예산 결정

전 단계에서 산출한 전체 비용(공사비, 설계 용역비)에 공사비의 최소 약 5% 정도의 유지관리비를 1년마다 계상하여 총 소요예산을 결정한다. 교통신호기 공사 원가계산 양식, 소요자재 항목, 공사시 토목굴착용적계산, 인건비 및 일반경비 산출기준, 공사물량 총 집계양식, 공사 사례예시 등에 관한 것은 <부표 1> ~ <부표 14>에 제시하였다.

8. 사업예산 편성 및 확보

사업계획서에 의한 공사물량에 따라 기본계획에서 작성한 설계 및 감리용역비, 공사비, 데이터베이스 산출비, 유지관리비 등의 내역 및 근거자료(예산사항별 설명서, 사업운영계획서)를 예산편성 관계당국에 제출하여 세출예산 계상을 요구한다.

제2절 감독 및 감리 업무

신호기 설치공사 계약이 작성된 후에는 공사 감독을 수행하여야 한다.

1. 공사감독

가. 일반사항

공사 계약을 위한 관리 및 감독을 포함하는 절차 등은 설계요소로 간주하기보다는 정책적인 사항이며, 계약 기관의 운영 및 행정 사항이라고 할 수 있다. 공사수행 기간 동안에 대두될 수 있는 통상적인 문제점으로서는 공사 시행자와 발주기관(감독관청)과의 의사소통 및 이해의 상충 등이 있을 수 있다. 이러한 문제점들은 다음과 같은 방법 등을 통하여 완화시킬 수 있다.

(1) 사전협의

공사 계약을 효과적으로 관리감독하기 위해서는 담당기관의 관리감독 담당자는 해당 사업의 계획 및 내용에 대해 충분히 숙지하여야 한다. 담당기관의 사업 담당자와 공사 시행자와의 상호이해를 도모하기 위해 공사 실행 전에 사전협의를 반드시 거쳐야 한다.

이러한 사전협의를 규모가 크고 복잡한 공사계획 과정에 포함되어 실행되며 규모가 크지 않은 시설물 설치시에도 사전협의를 매우 효과적이다. 공식·비공식적으로 관리감독을 책임지는 기술 담당자는 공사 각 부분에 대한 책임 및 역할을 명확히 하기 위해 주요 작업이 실행되기 전에 반드시 공사 책임자를 만나 협의를 통해 결정해야 한다.

사전협의를 통해 담당기관의 사업 담당자가 공사 시행자에게 요구하는 사항에 대한 정확한 의견을 전달할 수 있다. 사전협의를 사업 수행 및 사업과 관련된 여러 가지 점검에 대한 합리적인 절차의 수립을 가능하게 하며 사업에 대한 요구사항에 만족하지 못한 부분이 발견되었을 때 취할 수 있는 일시적 작업 중지에 대한 내용 뿐만 아니라, 사업 계획을 변경시키기 위한 절차에 대한 협의 사항을 포함하기도 한다. 그러나 사전협의를 관련해 가장 중요한 사항은 공공기관의 관리 감독자와 사업 시행자간의 효과적인 대화 창구 등을 수립할 수 있다는 것이다.

(2) 기록보관

감독관은 휴대용 수첩 등을 통하여 공사 장소 및 설치되는 자재의 질적 수준, 자재시험·검사 및 결과 기타 사업시행과 관련된 모든 활동을 기록한다. 교통신호기 공사설계 계획서도 기록보관을 위해 휴대용 수첩과 함께 활용될 수 있다. 교통신호기의 각 부문이 현장에 설치됨에 따라서 각 단계별 완료를 나타내기 위해 설계 도면에도 표시를 한다. 이러한

기록보관을 통해 기술분야 담당 실무자(감독관)는 사업의 진행과정을 공사설계 계획서를 간단히 검토함으로써 파악할 수 있고 의사 결정에도 도움을 줄 수 있다.

(3) 공사일정계획

대규모 사업 계약시 사업 시행자는 각 사업시행의 세부단계에 대한 일정계획과 사업관리 계획서의 제출을 요구받게 된다. 소규모 사업인 경우 추진일정 계획의 제출은 대상사업이 정해진 기한내에 무리없이 완료된다는 합리적인 예측이 가능하면 사업시행자의 판단에 의해 결정하여도 무방하다. 소규모로 진행되는 교통신호기 사업의 경우는 실무자가 다른 유사한 설치계획도 복수로 책임을 맡고 관리 감독하는 경우가 있으므로 이들 사업들에 대한 적절한 시간 배정을 해야 한다.

따라서 사업 시행자는 각 사업의 추진 일정에 의한 중복이 발생하여 사업 지연을 초래하지 않도록 충분한 시간을 가지고 사전에 공공기관의 담당 실무자에게 공사의 각 부분에 대한 검사준비가 완료됐음을 통보하여야 한다. 반대로, 사업을 관리 감독하는 실무자는 사업 요구조건에 부합되도록 자신의 역량을 잘 배분해야 한다. 설치가 완료되기 전 검사를 통해 확인하는 것은 관리 감독기관 뿐만 아니라 사업 시행자에게도 가장 중요한 사항이다. 만약 사업 지연이 발생하였을 경우, 지연 사유를 반드시 문서화하여 보고해야 한다.

나. 공사시 발생하는 문제점

교통신호기 설치와 관련된 공사는 전문화된 작업으로서 경험많은 관리 감독자와 기술자를 필요로 한다. 특히 교통신호제어기는 현장 설치전 현시나 기능적 운영상태, 전기적인 상태 등을 평가하기 위해 본 업무편람에서 규정한 시험·검사를 행한 후 설치되어야 한다. 또한 교통신호기 관련 전문가는 장비 시험이나 분석을 수행하기 위해 관련 규정에 대해 충분히 숙지하여야 한다.

다. 기존 시설업체와의 공조

발주기관은 시공업체에게 교통신호기 설치시 방해가 될 수 있는 지상과 지하의 공공 시설물에 대한 정확한 위치를 파악하여 시공하는 책임을 부과하고 있다. 일반적인 설계도면은 기존 설계 도면이나 계획을 참조하여 공공설비의 위치를 제시한다. 그러나 설계도면에서의 설치위치가 정확하지 않거나, 최근 설계도면이 아닐 경우가 많으며, 지하 매설물의 매설깊이에 대한 자료만 활용 가능한 경우가 많다.

이러한 자료들이 신빙성이 없거나 부정확한 경우에는 공사 중에 심각한 문제를 유발하거나 많은 비용을 부담하여 재시공을 할 수 밖에 없게 된다. 특히 지하 공공 시설물이 전혀

파악되지 못하는 경우 공사중에 지하 시설물을 절단하거나 파손을 하여 이에 따른 수리 비용이 별도로 지출될 수 있다.

라. 공사도면의 중요성

계획의 정확성을 향상시키기 위한 노력에도 불구하고 예기치 못한 사항들로 인해 설계계획 및 도면의 추가·변경이 불가피하게 된다. 공사기간 동안 어떠한 설계변경도 최종적으로는 실제 공사도면으로 활용될 수 있도록 설계도면에 명확히 명기해야 한다. 일반적으로 자주 발생하는 변경 내용은 교통신호기지주 위치, 교통신호제어기 위치, 검지기 설치위치, 도관 설치위치 등이다. 발주기관은 보수작업을 용이하게 하기 위해 최종적인 배선도면에 각 교통신호제어기 함체의 위치를 포함시켜야 한다. 정확하게 작성된 실제공사도면은 유지·보수 활동, 고장수리 및 기타 향후 공사활동 계획에 중요한 역할을 담당한다.

2. 감독 및 감리업무 구분

가. 시공확인

(1) 감리자

- 시공계획 및 도면 검토 승인, 시공과정 및 결과 확인, 지도
- 부적합한 시공에 대한 재시공 및 보완 조치
- 감독 승인에 의거 공사중지 지시

(2) 감독자

- 감리자 검토 내용의 확인 및 조정
- 감리자의 시공 확인 상태의 적정 여부 확인
- 감리자와 시공자 간의 의견 발생시 조정 및 공사 중지 승인

나. 자재품질관리

(1) 감리자

- 사급 자재의 규격 및 품질 적합성 검토
- 품질 검사 시험 실시, 지도 및 성과 확인
- 지급 자재 규격 및 품질 확인
- 경찰청 교통신호제어기 표준규격 기능검사 의뢰 조치

(2) 감독자

- 사급 자재 선정 승인
- 감리자 검토확인 내용의 적합성 여부확인

- 품질 검사 시험 실시 상태확인
- 지급 자재 검수 조서 작성 및 수불 관리
- 경찰청 교통신호제어기 표준규격 기능검사 사항 확인

다. 안전관리

(1) 감리자

- 재해예방 및 안전관리 대책 검토
- 안전교육 실시, 지도, 이행상태 점검 및 미비 사항 조치

(2) 감독자

- 긴급 상황 발생 또는 추진상 문제점 보고 및 응급조치

표 1-8 일반교통신호제어기 승인검사 항목

교차로번호	교차로명	전압	110V/220V	검사일	20 . .	
No	검사항목	검사방법			적합 여부	비고
1	설치물량 및 규격심사	• 도면 및 물량표에 의거 설치물량 및 규격 확인				
2	시설물 설치상태 검사	• 철주, 부착대, 신호등, 핸드홀 설치 상태 및 도색, 볼트, 너트 조임 상태 확인 • 전원선, 등기선, 전송선 등 배관 및 배선상태 확인				
3	접지상태 검사	• 접지봉 및 접지선 상태 확인 • 접지저항 측정기를 통하여 접지 저항값 측정				
4	교통신호제어기외관 및 부착물 부착상태 검사	• 각 부분별 상태 확인				
5	조작기능 (S/W) 검사	• 전원, 점·소등, 점멸, 정상, 자동·수동, 재동작 관련 S/W의 켜짐/꺼짐을 반복,제어기동작 상태확인				
6	모순기능 검사	• 각 현시별 모순을 강제 발생시켜 모순검지 수행여부 확인				
7	단락 (Red Fail) 검사	• 각 현시별 차등 적색등을 단락시켜 Red Fail 검지 여부 확인				
8	데이터베이스 입력 및 표시상태 검사	• 중앙 데이터베이스(DB)와 동일한 주기값의 입력 여부를 사용자-기계 인터페이스 (MMI)를 통하여 확인				
9	TOD 동작검사	• 각 프로그램별 주기 및 옵션값에 의한 연동기능확인				
10	RS-232C Port를 통한 데이터 입·출력 검사	• CPU Board내 RS-232C 포트를 통하여 PC에 연결 후 데이터 수정 입력후 입력 상태 확인				
11	시보 검지 및 시간보정 기능 검사	• 라디오 수신상태 및 시보에 의한 시간보정상태 확인 • 기타 적용되는 각 연동화 방안별 상태확인				

라. 공정관리

(1) 감리자

- 공정파악
- 세부 공정계획 검토 승인

(2) 감독자

- 공정회의 주관
- 종합 공정계획 검토 수립
- 공정 부진시 조치

마. 설계변경 처리

(1) 감리자

- 구조물 규격의 적합성 검토
- 설계 변경사항 타당성 검토
- 설계 도서 및 현장 여건 검토, 개선 의견 제출

(2) 감독자

- 설계 변경 승인 및 행정 처리

바. 준공검사 및 준공처리

준공검사는 예비 승인검사와 최종 승인검사로 나누어 실시하되 교통신호제어기의 경우 <표 1-8>에 제시된 일반교통신호제어기 검사 양식과 항목을 참고하며, 기타(전자신호, 지능형신호) 방식도 <표 1-8>에 준해서 하되 각 시스템별 고유의 기능만 추가로 검사하면 된다.

제3절 교통신호기 유지관리

1. 일반사항

가. 필요성

모든 시스템의 시설이나 장비들을 원하는 수준의 작동을 하도록 하기 위해서는 유지·보수를 해 줄 필요가 있다. 이러한 유지·보수는 사전 예방적인 것일 수도 있고, 사후 조치일 수도 있다.

교통신호 제어체계에서 무엇보다 중요한 것은 시스템 구성 요소들이 비정상적으로 운영될 때 그 원인을 정확히 밝혀내어 신속하게 조치를 취하는 것이다. 센터 컴퓨터나 통신장비 등의 중요 부분들에 대해서는 사후조치보다는 예방관리 측면에서 유지·보수를 하는 것이 가장 바람직하다.

최근에는 어떤 시스템의 구축에 필요한 초기 투자비보다는 오히려 시스템의 수명과 이에 따른 유지·보수비용을 포함한 생애비용 (Life Cycle Cost)에 관심이 모아지고 있다. 이는 유지·보수에 관한 비용-효과 관리에 대한 강한 필요성을 암시하고 있는 것이다. 이러한 중요성에 입각하여 유지·보수비를 최소화함과 동시에 시스템의 가동율을 최대화할 수 있는 효율적인 유지·보수 관리체계를 구축하여야 한다. 이를 위하여 가장 중요한 것이 숙련된 유지·보수관리 요원들의 확보와 이를 통한 신속한 서비스 체계를 갖추는 것이다.

나. 유지·보수 이력 관리

유지보수 내역은 장비들의 고장 원인을 분석하기 위해서 문서로 기록·보관이 되어야 하며, 효과적인 보수란 합리적인 방법에 의해서 검증이 되어야만 한다. 자기 검지 또는 자기 진단이란 자기 스스로 점검하고 어떠한 고장인지를 보고하는 장비의 능력을 말하며, 이러한 기능은 컴퓨터를 기본으로한 교통관리 시스템 혹은 교통신호제어 시스템에서 가장 명백하게 볼 수 있다. 현장 장비에 대한 고려 사항으로서 낙뢰예방책과 각종 공사 (상·하수도, 전기 공사 등)에 관한 철저한 관리가 요망된다. 향후 철저한 유지·보수로서 시스템의 가동율을 어느 정도 수준까지 유지하기 위해서는 지속적인 유지·보수 현황에 관한 자료를 효율적으로 관리 및 분석하여 상황 발생시 바람직한 대책을 수립함이 바람직하다.

2. 교통신호기 관리대장 작성 요령

- ① 경찰서
경찰서명과 경찰서 번호를 기입
- ② 도로명
도로명과 도로번호를 기입
- ③ 신호등 번호
경찰서별 신호등에 일련번호 기입
 - 처음 두 자리는 경찰서 번호 기입
 - 가운데 두 자리는 신호등의 구분번호로 앞에 것은 제어방식의 구분이고 뒤의 것은 도로구분으로서 관리대장 ⑥에 있는 번호를 기입
 - 끝의 세 자리는 경찰서별로 신호기를 설치한 일련번호를 기입
- ④ 설치연월일
설치연월일을 각각 두 자리 숫자로 기입
- ⑤ 설치위치
 - 신호기를 설치한 지점을 행정구역으로 기입
 - 행정구역의 경계선 등으로 정확한 위치를 구별할 수 없을 때에는 큰 도로의 행정구역명을 기입

- ⑥ 신호등 구분
 - 신호등의 구분란에는 제어방식과 도로구분을 기입
 - (예, 전자신호기이고 단일로에 설치되어 있으면 ①, ⑥ 기입)
- ⑦ 신호기 제식
 - 신호기 제식에 따라 기입, 제식이 2개 이상으로 되어 있을 때 2개 이상을 기입
- ⑧ 배 선: 신호기의 배선에 따라 기입
- ⑨ UPS: 무정전전원장치에 따라 기입
- ⑩ 시공자: 신호기의 시공자를 기입
- ⑪ 공사비: 신호기 설치공사비를 기입
- ⑫ 차량 신호등
 - 차량 신호등은 재질·종류·수량을 기입
 - 재질은 재질별 번호를 기입하고 종류는 종류별 번호를 기입
 - 수량은 그대로 기입하고 공란은 3개까지 변동사항을 기록
- ⑬ 차량경보등: 차량경보등은 재질·종류·수량 기입
- ⑭ 차량가변등: 차량가변등은 재질·수량 기입
- ⑮ 보행자(자전거): 보행 신호등은 재질·종류·수량 기입
- ⑯ 차량 신호등 지주
- ⑰ 보행 신호등 지주
- ⑱ 신호등 부착대
- ⑲ 기타 부착물: 신호등지주에 기타부착물 기입
- ⑳ 전자제어기의 종류에 따라 기입
- ㉑ 주기제어기의 종류에 따라 기입
- ㉒ 교통감응제어기
- ㉓ 신호주기: 신호주기 현시를 기록한다.
- ㉔ 현시시간
 - 현시시간 기록, 현시시간은 신호주기의 각 현시특별시간과 현시 총 시간기록 공란은 다단식 제어현시시간 기록
- ㉕ 황색시간, 황색신호시간 기록
- ㉖ 횡단보도시간, 횡단보도의 녹색신호시간 기록
- ㉗ 배선도
- ㉘ 년, 월, 일: 관리대장 내용의 변동, 수정사항이 있는 년, 월, 일 기입
- ㉙ 관리사항: 관리사항 내용변동 수정사항 내용기입
- ㉚ 비 고: 관리대장 내용의 변동사항과 기타사항 기입
- ㉛ 작성책임자, 관리책임자: 관리대장 작성책임자 및 관리책임자 서명

3. 유지·관리 기록양식

다음은 교통신호기 설치사업 시행 후 유지·관리하기 위한 표준적인 기록 양식이다.

〈부표 1〉 교통신호기관리대장

(전면)

① 경찰서명 : <input type="text"/>		② 도로명 : <input type="text"/>		③ 신호등번호 <input type="text"/>		신호제어기					
④ 설치년월일 <input type="text"/>		⑤ 설치위치 시 동 읍 가 번지 면 리		⑥ 신호등구분 1 전자 5 교로 2 일반 도로구분 6 단로		⑩ 제어기타입		⑪ 듀얼링		⑫ 교통감응제어기	
						1 전자/일반		1 싱글링 2 2004년식 표준 3 2010년식 표준		1 온라인 TOD 2 온라인 실시간 3 좌회전 감응 4 좌회전/직진감응 5 보행자감응 6 전감응(3+4+5)	
공사일반		교통신호등		신호등지주		신호주기 및 시간					
⑦ 신호기제식		⑭ 차량신호등 재질 종류 수량		⑮ 차량등지주		⑯ 신호주기		1현시 2현시 3현시 4현시			
⑧ 배선		⑰ 차량경보등		⑱ 차량등지주		⑲ 신호등지주		초 초 초 초			
⑨ UPS		⑳ 차량가변등		㉑ 보행등지주		㉒ 신호등부착물		초 초 초 초			
⑩ 시공자		㉓ 보행등(자연거)		㉔ 기타부착물		㉕ 황색					
⑪ 공사비		㉕ 수량 그대로 기입		㉖ 기타부착물		㉗ 횡단보도					
⑫ 천원											

(이면)

⑳ 배선도	㉘ 년월일	㉙ 관리사항	㉚ 비고
	㉛ 작성 책임자	관리 책임자	

〈부표 3〉 주간 보수현황 양식(1)

20 . . . ~ . . .

00지역

기기별	보수내용	계		일자기록												비고	
				월		화		수		목		금		토			일
		건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간		건수
계																	
데이터 및 현시변경	소 계																
	현시변경																
	데이터변경																
	R U 변경																
	C H 변경																
컨트롤러	소 계																
	데이터 재입력																
	C.P.U. 보드																
	S.C.U. 보드																
	Power 보드																
	Input 보드																
	Output 보드																
	휴즈 교체																
	컨트롤러 교체																
	컨트롤러 리셋																
	무선시보카드																
	기 타																
	지역통신장치	소 계															
레벨(db)조정																	
Modem카드																	
Tx/Rx 카드																	
Power 보드																	
Input 보드																	
Output 보드																	
모뎀휴즈교체																	
모뎀 교체																	
기 타																	
중앙통신장치	소 계																
	Decoder보드																
	Modem보드																
	Tx/Rx 보드																
	Power 보드																
	Flat및콘넥타																

〈부표 4〉 주간 보수현황 양식(2)

20 . . . ~ . . .

00지역

기기별	보 수 내 용	계		일자기록														비 고 비 고 비 고
				월		화		수		목		금		토		일		
		건 수	시 간	건 수	시 간	건 수	시 간	건 수	시 간	건 수	시 간	건 수	시 간	건 수	시 간	건 수	시 간	
단자판	소 계																	
	L/D SW교체																	
	배 선 수 리																	
	Flasher																	
	라 인 힐 타																	
전화국 시험	소 계																	
	P.C.M 유닛																	
	전화단자 접합																	
	국간선로 불량																	
	소 계																	
통신	MDF코일 불량																	
	전송선 단선																	
	소 계																	
전원	정 전																	
	휴 즈																	
	Trans 교 체																	
	소 계																	
스위치 판넬	수동SW교체																	
	수동SW보수																	
	점멸SW On																	
	수동SW On																	
	전원SW Off																	
검지기	소 계																	
	앰 프																	
	루프 후다 단선																	
	배 선																	
등기선 및 전구	소 계																	
	등 기 배 선																	
	전 구																	
	전 원 선																	
모순	검지기																	
무선	시보 카드																	
시간제	현시이상																	
현장	확인 정상																	
기	타																	

〈부표 5〉 월간 보수현황 양식(1)

20 . . . ~ . . .

00지역

기기별	보 수 내 용	계		1 주		2 주		3 주		4 주		5 주		비 고
				1~3		4~10		11~17		18~24		25~31		
		건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	
계														
데이터 및 현시변경	소 계													
	현 시 변 경													
	데 이 터 변 경													
	R U 변 경													
	C H 변 경													
콘트롤러	소 계													
	데이터 재입력													
	C.P.U.보드													
	S.C.U.보드													
	Power보드													
	Input보드													
	Output 보드													
	휴 즈 교 체													
	콘트롤러교체													
	콘트롤러리셋													
	무선시보카드													
기 타														
지역통신 장치	소 계													
	레벨(db)조정													
	Modem카드													
	Tx/Rx카드													
	Power보드													
	Input보드													
	Output 보드													
	모뎀휴즈교체													
	모 뎀 교 체													
	기 타													
중앙통신 장치	소 계													
	Decoder 보드													
	Modem보드													
	Tx/Rx 보드													
	Power 보드													
	Flat및콘넥타													

〈부표 6〉 월간 보수현황 양식(2)

20 . . . ~ . . .

00지역

기기별	보 수 내 용	계		1~3		4~10		11~17		18~24		25~31		비고
				1주		2주		3주		4주		5주		
		시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	
단자판	소 계													
	L/D SW 교체													
	배 선 수 리													
	Flasher													
	라 인 훔 타													
	어 레 스 타													
전화국 시 험	소 계													
	P. C. M 유닛													
	전화단자 접볼													
	국간선로 불량													
통신 화선	소 계													
	MDF코일 불량													
	전송선 단선													
전 원	소 계													
	정 전													
	휴 즈													
	Trans 교 체													
스위치 판 널	소 계													
	수동SW교체													
	수동SW보수													
	점멸SW On													
	수동SW On													
	전원SW Off													
검지기	소 계													
	앰 프													
	루프, 휘더 단선													
	배 선													
등기선 및 전 구	소 계													
	등 기 배 선													
	전 구													
	전 원 선													
모순	검지기													
시간제	현시이상													
무선시보	카드이상													
현장	확인 정상													
기	타													

〈부표 7〉 월별, 교차로별 고장처리 현황 양식

20 . . . ~ . . . 00지역

교차로 번호	교차 로명	계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1																																		
2																																		
3																																		
4																																		
5																																		
6																																		
7																																		
8																																		
9																																		
10																																		
11																																		
12																																		
13																																		
14																																		
15																																		
16																																		
17																																		
18																																		
19																																		
20																																		
21																																		
22																																		
23																																		
24																																		
25																																		
26																																		
27																																		
28																																		
...																																		
계																																		

〈부표 8〉 상반기 월별보수 현황 양식

20

00지역

월 별 고장구분	계		1월		2월		3월		4월		5월		6월	
			1~31		1~29		1~31		1~30		1~31		1~31	
	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간
계														
주기및현시변경														
콘 트 롤 러														
지역 통신장치														
중앙 통신장치														
단 자 판														
전 화 국 시 험														
통 신 회 선														
전 원														
정 전														
판 널 스 위 치														
수 동 스 위 치														
검 지 기														
등 기 선														
전 구														
전 원 선														
모 순 검 지 기														
무선 시보 카드														
시 간 제 현 시														
현장 확인 정상														
기 타														

〈부표 9〉 하반기 월별보수 현황 양식

20 . . . ~ . . .

00지역

월 별 고장구분	계		7월		8월		9월		10월		11월		12월	
			1~31		1~31		1~30		1~31		1~30		1~31	
	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간
계														
주기맞현시변경														
콘 트 롤 러														
지역 통신장치														
중앙 통신장치														
단 자 판														
전화국시험														
통신회선														
전 원														
정 전														
판넬스위치														
수동스위치														
시보카드														
등기선														
전 구														
전 원 선														
모순검지기														
무선시보카드														
시간제현시														
현장확인정상														
기 타														

〈부표 10〉 상반기 월별보수 내용 양식 (1)

20 . . . ~ . . .

00지역

기 기 별	보 수 내 용	계 계		1월		2월		3월		4월		5월		6월	
				1~31		1~29		1~31		1~30		1~31		1~31	
		건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간
계															
데이터 및 현시변경	소 계														
	현 시 변 경														
	R U 변 경														
	C H 변 경														
	L/S 증 설														
	L/S 철 거														
	리레이 증설														
콘트롤러	소 계														
	데이터재입력														
	C.P.U 보 드														
	Power 보 드														
	Input 보 드														
	Output 보 드														
	휴 즈 교 체														
	콘트롤러 교체														
	콘트롤러 리셋														
	무선시보카드														
	기 타														
지 역 통신장치	소 계														
	레 벨 조 정														
	Modem카드														
	TX/RX카드														
	Power 보 드														
	Input 보 드														
	Output 보 드														
	모뎀휴즈교체														
	모 뎀 교 체														
	기 타														
중 앙 통신장치	소 계														
	Modem카드														
	Power보드														
	Flat 케이블														

〈부표 11〉 상반기 월별보수 내용 양식 (2)

20

00지역

기기별	보 수 내 용	계		1월		2월		3월		4월		5월		6월	
				1~31		1~29		1~31		1~30		1~31		1~31	
		건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간
단 자 판	소 계														
	L/D SW 교체														
	배 선 수 리														
	Flasher														
	어 레 스타														
	라 인 힐 타														
낙뢰보호기															
전화국 시험	소 계														
	P.C.M 유닛														
	전화단자접불														
	국간선로 불량														
통신 회선	소 계														
	MDF코일 불량														
	전송선 단선														
전 원	소 계														
	정 전														
	휴 즈														
	Trans 교 체														
스위치 판 널	소 계														
	수동SW교체														
	수동SW보수														
	점멸SW On														
	수동SW On														
	전원SW Off														
검지기	소 계														
	앰 프														
	루프 후다 단선														
	배 선														
등기선 및 전 구	소 계														
	등 기 배 선														
	전 구														
	전 원 선														
모순 검지기															
무선 시보 카드															
시간제 현시이상															
현장 확인 정상															
기 타															

〈부표 12〉 하반기 월별보수 내용 양식 (1)

20 ~

00지역

기기별	보수 내용 보수 내용 보수 내용	계 계	1월		2월		3월		4월		5월		6월	
			1~31		1~29		1~31		1~30		1~31		1~31	
			건수	시간										
계														
데이터 및 현시변경	소 계													
	현 시 변경													
	R U 변경													
	C H 변경													
	L/S 증 설													
	L/S 철 거													
	리레이 증설													
콘트롤러	소 계													
	데이터재입력													
	C.P.U 보 드													
	Power 보드													
	Input 보드													
	Output 보드													
	휴 즈 교 체													
	콘트롤러 교체													
	콘트롤러 리셋													
	무선시보카드													
기 타														
지 역 통신장치	소 계													
	레 벨 조 정													
	Modem카드													
	TX/RX카드													
	Power 보드													
	Input 보드													
	Output 보드													
	모뎀휴즈교체													
	모 뎀 교 체													
기 타														
중 앙 통신장치	소 계													
	Modem카드													
	Power보드													
	Flat 케이블													

〈부표 13〉 하반기 월별보수 내용 양식 (2)

20 . . . ~ . . .

00지역

기기별	보 수 내 용	계		1월		2월		3월		4월		5월		6월	
		계		1~31		1~29		1~31		1~30		1~31		1~31	
		건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간	건수	시간
단자판	소 계														
	L/D SW 교체														
	배선수리														
	Flasher														
	어레스타														
	라인휠타														
낙뢰보호기															
전화국 시험	소 계														
	P.C.M유니트														
	전화단자접불														
통신 회선	소 계														
	MDF코일 불량														
	전송선 단선														
전 원	소 계														
	정 전														
	휴 즈														
Trans 교체															
스위치 판 벨	소 계														
	수동SW교체														
	수동SW보수														
	점멸SW On														
	수동SW On														
전원SW Off															
검지기	소 계														
	앰 프														
	루프, 휘다 단선														
배 선															
등기선 및 전 구	소 계														
	등 기 배 선														
	전 구														
전 원 선															
모 순 검 지 기															
무 선 시 보 카드															
시간제 현시이상															
현장 확인 정상															
기 타															

〈부표 14〉 연간 교차로별 고장처리 현황 양식

20 . . . ~ . . .

00지역

교차로 번호	교차로명	계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
....														
계														

<부표 15> 표준교통신호제어기 데이터베이스 양식

20 . . . ~ . . .

00지역

위치도	교차로번호:		교차로명:		작성일자:	
	1현시	2현시	3현시	4현시	5현시	6현시

주현시	최소녹색 (MIN)	맵최대녹색 (MAP MAX)	중앙최대녹색 (HOST MAX)	보행녹색	보행점멸	황색신호	전적색 신호	보행 전시간	MDS

TOD PLAN 1(평일)					TOD PLAN 1(평일)					TOD PLAN 1(평일)					TOD PLAN 1(평일)					TOD PLAN 1(평일)				
번호	시각	주기	SP	PC	번호	시각	주기	SP	PC	번호	시각	주기	SP	PC	번호	시각	주기	SP	PC	번호	시각	주기	SP	PC
1					1					1					1					1				
2					2					2					2					2				
3					3					3					3					3				
4					4					4					4					4				
5					5					5					5					5				
6					6					6					6					6				
7					7					7					7					7				
8					8					8					8					8				
9					9					9					9					9				
10					10					10					10					10				
11					11					11					11					11				
12					12					12					12					12				
13					13					13					13					13				
14					14					14					14					14				
15					15					15					15					15				
16					16					16					16					16				

주기 번호	주기 값	패턴 번호	연동 값	현시값	주기 번호	주기 값	패턴 번호	연동 값	현시값	7	8	6	5
1		1			4		8			3	4	1	2
2		2			5		9			참고란			
		3				10							
		4				11							
3		5			6		12						
		6				13							
		7				14							
							15						

제4절 내구연한

기준

- 교통신호등과 교통신호제어기는 최소한 다음 <표 1-9>의 내구연한 이상을 견딜 수 있도록 제작되어야 한다.

권장

표 1-9 교통신호등과 제어기 내구연한

구분	교통신호등			교통신호제어기	
	외함	렌즈	반사경	전자장비	함체
내구연한	10년	5년	10년	10년	10년

주) 해변도시에 설치된 교통신호기에 대한 내구연한은 2년 정도 단축될 수 있다.

권장

- 루프검지기 시공시는 설치 시공업체에서 최소 18개월간 적절한 작동을 보장토록 할 것을 권장한다.

해설

차량용 루프검지기는 도로 포장면의 이상이나 노면표시 차선 재시공 등으로 인한 사용불가의 경우를 제외하고는 설치 시공업체에서 최소 18개월간 루프검지기의 적절한 작동을 보장토록 하는 것이 좋다. 또한 루프검지기는 담당부처에서 자체적인 유지보수 관리계획에 의거 지속적인 유지보수에도 불구하고 본래의 검지기능 역할을 다하지 못하거나, 새로 설치하는 것이 유리하다고 판단될 경우에는 기존 검지기를 폐기하고 새로이 시공할 수 있다.

부록

부록2

교통신호기 지주설계 계산예



제1절 설계계산시 고려사항

1. 사하중 (Dead Load)

교통신호등은 측주식 폴리카보네이트 함체와 부착기구를 포함하여 1색등 중량을 4kg로 간주하여 계산한다.

2. 풍하중 (Wind Load)

교통신호기 지주에 미치는 풍하중의 영향은 공기의 밀도 및 속도, 구조물의 형상 및 강도, 그리고 평면의 조도 등에 좌우된다. 풍하중 계산시 다음식에 따른다.

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times C_d \times A \\
 &= 0.0625 \times V^2 \times C_d \times A \\
 \therefore P &= \frac{1}{16} \times V^2 \times C_d \times A
 \end{aligned}$$

여기서, ρ 는 공기의 밀도로 $0.125\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4$ 이고 C_d 는 항력 계수로 신호등 및 표지판은 1.2를, 지주는 0.7의 값을 사용하며 A 는 유효수압면적(m^2)이다.

V 는 기본풍속(%)으로 본문 제1편 제1장 제3절 <표 1-4, 신호등 설계시 지역별 기본풍속>를 참고하되 지주 설치형식을 고려하여 적용한다.

3. 설하중 (Ice Load)

우리나라에서는 적설량이 적고 또 신호기에 강봉을 사용함으로 실제 눈이 쌓이는 면적은 적은 편이기 때문에 특별한 경우를 제외하고는 고려하지 아니한다. 만약, 고려 시에는 다음 식을 이용한다.

$$S = p \times h \times C$$

여기서,

S : 적설하중

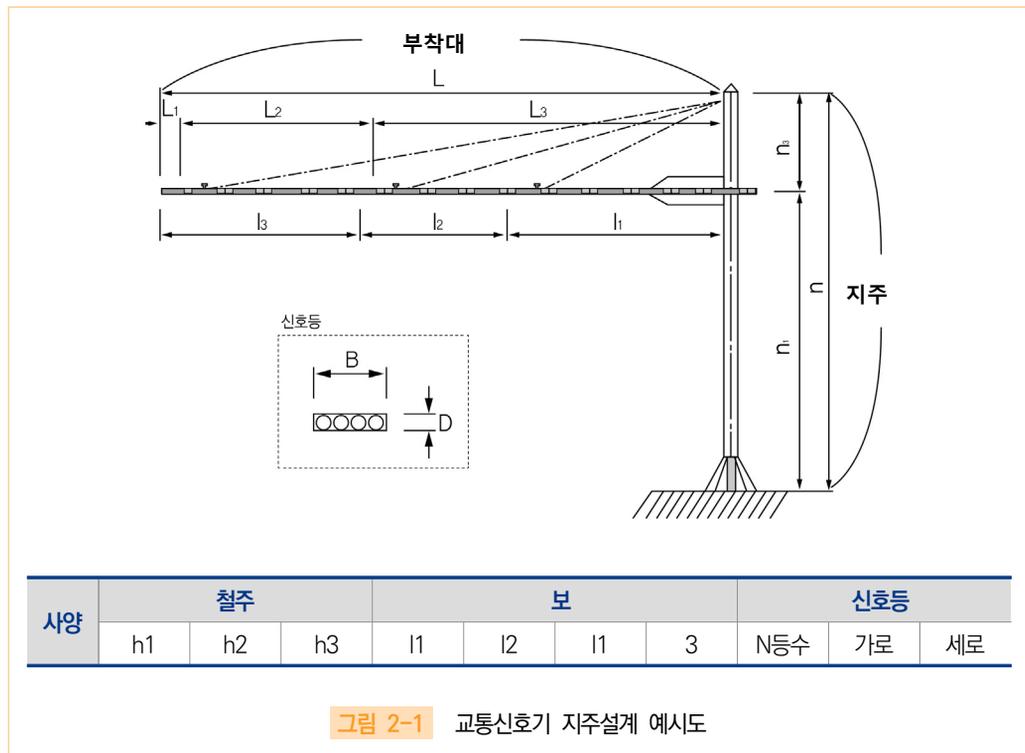
p : 눈의 평균 단위중량(적설깊이 1cm당 kg/m^2)

h : 적설량

C : 계수(지붕의 경사도 및 형상등에 따른계수)

제2절 교통신호등 지주설계

교통신호기 지주 설계에는 가장 일반적인 지주와 부착대를 이용한 방법 ([그림 2-1] 참조)에 대하여 설계예를 제시한다.



1. 사하중

사용재료에 대한 사하중(자중)은 사용재료의 단위 길이당 무게를 이용하여 각 재료의 길이를 곱하여 구한다. 강관의 무게 및 단면력(KS D 3566 내응력표 참조) 참조와 교통신호등의 경우는 신호등면(signal section)에 따라 위의 1절 1항의 사하중을 참고로 하여 계산에 포함한다.

2. 풍하중

풍하중 계산식은 다음과 같다.

$$P = \frac{1}{16} \times V^2 \times C_d \times A$$

V 는 기본풍속으로 풍하중 참조
 C_d 는 항력계수로 신호등 및 표지판은 1.2, 지주는 0.7
 A 는 유효수압면적

○ 단위면적당 풍하중 계산

파이프 P_{h0} (kg), 신호등 P_{h1} (kg)라고 단위를 정의하면 풍하중은 단위면적당 풍하중×면적이 된다.

• 신호등의 풍하중계산 : W_2 (kg) = $P_{h1} \times (B \times D)$

• 가로재(보) : W_{2a} (kg/m) = $P_{h0} \times$ 지름

W_{2b} , W_{2c} 도 마찬가지로 구함

W_3 와이어는 미소하므로 생략

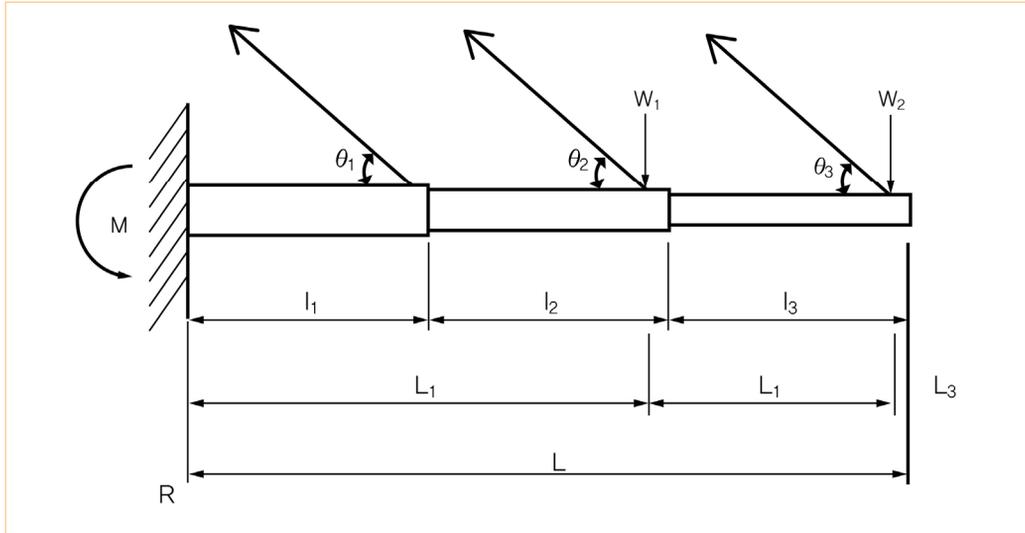
• 지주재 : W_4 (kg/m) = $P_{h0} \times$ 지름

3. 응력계산

가. 부착대의 산정

수직 하중 : $W_1, W_{1a}, W_{1b}, W_{1c}$ 수평 하중 : $W_2, W_{2a}, W_{2b}, W_{2c}$

- 시공계획 및 도면 검토 승인, 시공과정 및 결과 확인, 지도
- 부적합한 시공에 대한 재시공 및 보완 조치
- 감독 승인에 의거 공사중지 지시



$$W_{3a} = \frac{W_{1a} \times l_1}{\sin \theta_1} \quad \theta_1 \quad 24.34^\circ$$

$$W_{3b} = \frac{W_{1b} \times l_2}{\sin \theta_2} \quad \theta_2 \quad 15.08^\circ$$

$$W_{3c} = \frac{W_{1c} \times l_3}{\sin \theta_3} \quad \theta_3 \quad 10.35^\circ$$

∴ Wire는 미관과 안전을 고려
φ8mm이상으로 한다.

(2) 부착대 C 의 단면

○ 고정지점의 반력 및 휨모멘트

• 반력 [$V = 0 \downarrow +$]

$$R_{Z1} = [n \times W_1] + [W_{1a} \times l_1] + [W_{1b} \times l_2] + [W_{1c} \times l_3] - [W_{3a} \times \sin \theta_1] - [W_{3b} \times \sin \theta_2] - [W_{3c} \times \sin \theta_3]$$

• 휨모멘트

$$\begin{aligned} \Sigma M_{Z1} = & [W_1 \times ((L_1 + L_2) + L_1)] + \left[W_{1a} \times \frac{l_1^2}{2} \right] + \left[W_{1b} \times l_2 \times \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right) \right] + \left[W_{1c} \times l_3 \times \left(l_1 + l_2 + \frac{l_3}{2} \right) \right] \\ & - [W_{3a} \times \sin \theta_1 \times (l_1 - 0.5)] - [W_{3b} \times \sin \theta_2 \times (l_1 + l_2 - 0.15)] - [W_{3c} \times \sin \theta_3 \times (l_1 + l_2 + l_3 - 0.5)] \end{aligned}$$

○ 고정 및 적재품하중

• 반력

$$R_{x1} = [n \times W_2] + [W_{2a} \times l_1] + [W_{2b} \times (l_2 - B)] + [W_{2c} \times (l_3 - B)]$$

• 힘모멘트

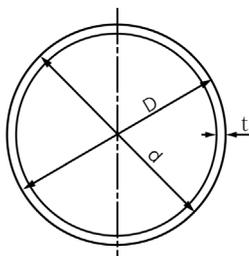
$$M_{x1} = [W_2 \times ((L_1 + L_2) + L_1)] + \left[W_{2a} \times \frac{l_1^2}{2} \right] + \left[W_{2b} \times (l_2 - B) \times \left(l_1 + \frac{l_2 - B}{2} \right) \right] \\ + \left[W_{2c} \times (l_3 - B) \times \left(l_1 + l_2 + \frac{l_3 - B}{2} \right) \right]$$

○ 합성응력

• 전단력(剪斷力) $S_1 = \sqrt{R_{z1}^2 + R_{x1}^2}$

• 힘 모멘트 $M_1 = \sqrt{M_{z1}^2 + M_{x1}^2}$

○ 단면 검토 시도



Pipe

- D = 바깥지름
- d = 안지름
- t = 두께
- A = 면적

• 단면 계산

- 단면 2차 모멘트 : $\left(I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \right)$ 또는 강관 내응력표 참조

- 단면 2차 계수 : $\left(Z = \frac{I}{D} \right)$ 또는 강관 내응력표 참조

- 단면 2차 반경 : $\left(r = \sqrt{\frac{I}{A}} \right)$ 또는 강관 내응력표 참조

- 단면 가정

- 힘응력 : $\sigma_b = \frac{M_1}{Z}, \quad \frac{\sigma_b}{f_a \times 1.5} = < 1$

$f_a = 1.6$ 값이 1보다 작을 경우 OK, 1보다 클 경우 단면을 늘리거나 하중을 줄인다.

- 전단응력 : $\tau = \frac{2 \times S_1}{A}, \quad \frac{\tau}{f_s \times 1.5} = < 1, \quad f_s = 0.924$

위와 동일 f_a 및 f_s 는 강재의 허용응력도 참조

(3) 부착대 b의 단면

- 반력 [V=0 ↓+]

$$R_{z2} = [n \times W_1] + [W_{1b} \times l_2] + [W_{1c} \times l_3] - [W_{3b} \times \sin\theta_2] - [W_{3c} \times \sin\theta_3]$$

- 힘모멘트

$$\begin{aligned} \Sigma M_{z2} = & [W_1 \times (l_2 + l_3 - L_2 - L_3)] + [W_1 \times (l_2 + l_3 - L_3)] + \left[W_{1b} \times \frac{l_2^2}{2} \right] + \left[W_{1c} \times l_3 \times \left(l_2 + \frac{l_3}{2} \right) \right] \\ & - [W_{3b} \times \sin\theta_2 \times (l_2 - 0.15)] - [W_{3c} \times \sin\theta_3 \times (l_2 + l_3 - 0.5)] - [W_{3c} \times \sin\theta_3 \times (l_2 + l_3 - 0.5)] \end{aligned}$$

○ 고정 및 적재풍하중

- 반력

$$R_{x2} = [n \times W_2] + [W_{2b} \times (l_2 - B)] + [W_{2c} \times (l_3 - B)]$$

- 힘모멘트

$$\begin{aligned} M_{x2} = & [W_2 \times (l_2 + l_3 - L_2 - L_3)] + [W_2 \times (l_2 + l_3 - L_3)] + \left[W_{2b} \times \frac{(l_2 - B)^2}{2} \right] \\ & + \left[W_{2c} \times (l_3 - B) \times \left(l_2 + \frac{l_3 - B}{2} \right) \right] \end{aligned}$$

○ 합성응력

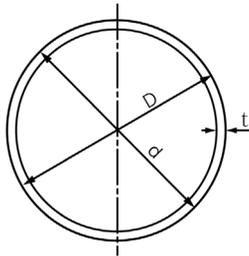
- 전단력

$$S_2 = \sqrt{R_{z2}^2 + R_{x2}^2}$$

- 힘 모멘트

$$M_2 = \sqrt{M_{z2}^2 + M_{x2}^2}$$

○ 단면 검토 시도



Pipe	
D	= 바깥지름
d	= 안지름
t	= 두께
A	= 면적

○ 단면 계산

- 단면 2차 모멘트 : $\left(I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \right)$ 또는 강관 내응력표 참조
- 단면 계수 : $\left(Z = \frac{I}{D} \right)$ 또는 강관 내응력표 참조
- 단면 2차 반경 : $\left(r = \sqrt{\frac{I}{A}} \right)$ 또는 강관 내응력표 참조

• 단면 가정

- 휨응력 : $\sigma_b = \frac{M_1}{Z}, \frac{\sigma_b}{f_a \times 1.5} = < 1 \quad f_a = 1.6$
- 전단응력 : $\pi = \frac{2 \times S_1}{A}, \frac{\tau}{f_s \times 1.5} = < 1, \quad f_s = 0.924$

위와 동일 f_a 및 f_s 는 강재의 허용응력도 참조

(4) 부착대 a의 단면

- 반력 $[V=0 \downarrow +]$, $R_{z3} = [n \times W_1] + [W_{1c} \times l_3] - [W_{3b} \times \sin\theta_3]$
- 휨모멘트

$$\Sigma M_{z3} = [W_1 \times (l_2 - L_3)] + [W_{1c} \times (l_2 + l_3 - L_3)] + \left[W_{1b} \times \frac{l_3^2}{2} \right] - [W_{3c} \times \sin\theta_3 \times (l_3 - 0.5)]$$

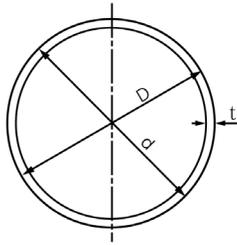
○ 고정 및 적재풍하중

- 반력 $R_{x3} = [n \times W_2] + [W_{2c} \times (l_3 - B)]$
- 휨모멘트 $M_{x3} = [W_2 \times (l_3 - L_3)] + \left[W_{2c} \times \frac{(l_3 - B)^2}{2} \right]$

○ 합성응력

- 전단력(剪斷力) $S_3 = R_{z3^2} + R_{x3^2}$
- 휨 모멘트 $M_3 = \sqrt{M_{z3^2} + M_{x3^2}}$

○ 단면 검토 시도



Pipe

- D = 바깥지름
- d = 안지름
- t = 두께
- A = 면적

• 단면 계산

- 단면 2차 모멘트 : $\left(I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \right)$ 또는 강관 내응력표 참조
- 단면 2차 모멘트 : $\left(Z = \frac{I}{D} \right)$ 또는 강관 내응력표 참조
- 단면 2차 반경 : $\left(r = \sqrt{\frac{I}{A}} \right)$ 또는 강관 내응력표 참조

• 단면 가정

- 휨응력 : $\sigma b = \frac{M_3}{Z}$, $\frac{\sigma b}{f_a \times 1.5} = < 1$ $f_a = 1.6$
- 전단응력 : $\pi = \frac{2 \times S_1}{A}$, $\frac{\tau}{f_s \times 1.5} = < 1$, $f_s = 0.924$

위와 동일 f_a 및 f_s 는 강재의 허용응력도 참조

나. 지주의 산정

(1) 하중 조건

○ 사하중

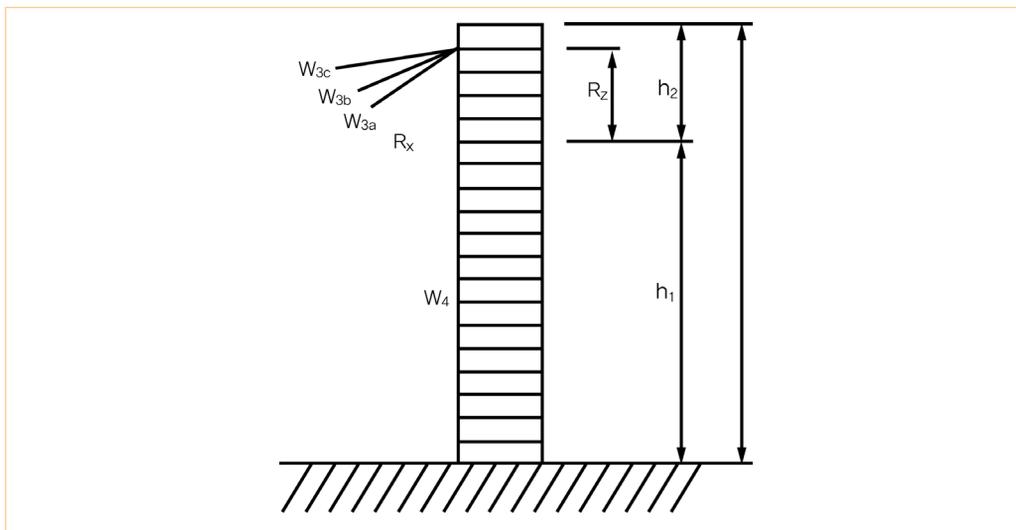
- 부착대의 반력 : R_{z1}
- 부착대의 휨모멘트 : M_{z1}
- 지주(post) : W_4

○ 풍하중

- 부착대의 반력 : R_{x1}
- 부착대의 휨모멘트 : M_{x1}
- 지주(post) : W_4

(2) 지주(post)의 산정

○ 지주응력의 산정



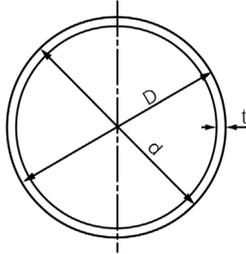
고정하중 및 등분포하중으로 지주 고정단의 응력을 산정한다.

- 수직력 : $N_1 = R_{z1} + W_4 \times h + W_{3a} \times \sin\theta_1 + W_{3c} \times \sin\theta_3$
- 수평력 : $H_1 = R_{x1} + W_4 \times h$
- 사하중에 의한 휨모멘트 :

$$M_{zc} = R_{z1} \times h_1 + W_4 \times \frac{h^2}{2} + (W_{3a} \times \cos\theta_1 + W_{3b} \times \cos\theta_2 + W_{3c} \times \cos\theta_3) \times (h - 1)$$

- 풍하중에 의한 휨모멘트 : $M_{xc} = R_{x1} \times h_1 + W_4 \times \frac{h^2}{2}$
- 사하중에 의한 회전모멘트 : M_n

○ 지주단면의 산정



Pipe	
D	= 바깥지름
d	= 안지름
t	= 두께
A	= 면적

• 단면 계산

- 단면 2차 모멘트 : $I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$ 또는 강관 내응력표 참조
- 극관성 모멘트 : $I_p = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32}$
- 단면계수 : $Z = \frac{I}{\frac{D}{2}}$ 또는 강관 내응력표 참조
- 단면 2차 반경 : $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$ 또는 강관 내응력표 참조
- 좌굴장 : $L_A = 2 \times h, \lambda = \frac{L}{r} \quad \therefore \text{허용압축응력도 } f_c(\text{t/cm}^2)$

○ 합성응력

- 휨모멘트 $M = \sqrt{M_{zc}^2 + M_{xc}^2}$

○ 단면산정

- 압축응력(compression stress) : $\sigma_c = \frac{N_1}{A}$
- 굽힘응력(Bending stress) : $\sigma_b = \frac{M}{Z}$
- 합성응력 : $\sigma = \sigma_c + \sigma_b$

$$\frac{\sigma_c}{f_c \times 1.5} + \frac{\sigma_b}{f_b \times 1.5} = < 1$$

- 비틀림 전단응력

$$\tau = \frac{M_n}{I_p} \times \frac{D}{2}$$

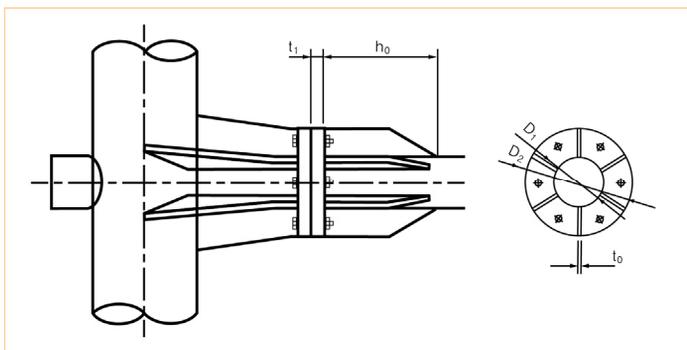
- 최대 전단 응력

$$\tau_{MAX} = \frac{1}{2} \times \sqrt{\sigma^2 + 4 \times \tau^2}, \quad \frac{\tau_{MAX}}{f_b \times 1.5} = < 1$$

- 최대 주응력

$$\sigma_{MAX} = \frac{\sigma}{2} + \tau_{MAX}, \quad \frac{\tau_{MAX}}{f_b \times 1.5} = < 1$$

(3) 지주와 부착대의 설계



보강판	T_0 h_0
플랜지	T_1 D_1 D_2
볼트	M16 n : 6EA A

- 존재응력

- 전단력 : S_1
- 휨모멘트 : M_1

- 볼트설계 M16 A=2.01cm² n = 6EA

- 단면검토

- 볼트 1본당 인장력 $T = \frac{4 \times M_1}{n \times D_1}$

- 볼트 1본당 전단력 $S = \frac{S_1}{n}$

- 인장응력 $\sigma_t = \frac{T}{A}, \quad \frac{\tau_t}{f_b \times 1.5}$

- plate 설계 : 리브플레이트로 둘러싸인 부분을 장방형으로 한 3번 고정단으로 계산

- 자유단 길이 : $L_y = D_1 \times \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$
- 고정단 길이 : $L_x = \frac{1}{2} \times (D_2 - \Phi)$
- 응력 산정
 - 단위 압축응력 : $W_5 = \frac{T}{L_y \times L_x}$
 - 삼변 고정단 : $\frac{L_y}{L_x}$

철근 콘크리트 구조 설계규준(일본)의 슬래브 응력도에 의해 $\alpha_0 = 0.166$

- 자유단 모멘트 : $M_0 = W_5 \times L_x^2 \times \alpha_0$

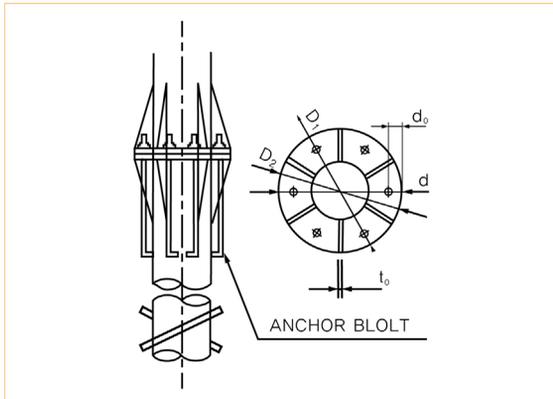
- 단면산정
 - Plate 두께 : $t_1 = \sqrt{\frac{6 \times M_0}{f_{b1} \times 1.5}}$
 - Plate 두께는 15t로 결정

- Rib plate 설계
 - 응력 산정
전단력 $S_0 = W_5 \times L_x^2 \times 2$
 - 단면 산정
길이 : h_0 두께 : t_0
전단응력 $\tau = \frac{S_0}{t_0 \times h_0}, \frac{\tau}{f_s \times 1.5} < 1$

○ 용접

- 단면 산정
 - 필렛 : S_1 - 목두께 : $a_t = 0.7 \times L$
 - 용접길이 : L - 전달응력 : $\frac{Q_0}{2 \times a_t \times L}, \frac{\tau_0}{f_s \times 1.5} = < 1$

(4) 주각부 설계



플랜지	외경(D_0)	
	Center(D_1)	
	두께(t_1)	
	d	
	d_0	
보강판	높이(h_1)	
	두께(t_1)	
볼트	M	
	n	8EA
	A	4.91cm ²

○ 응력 산정

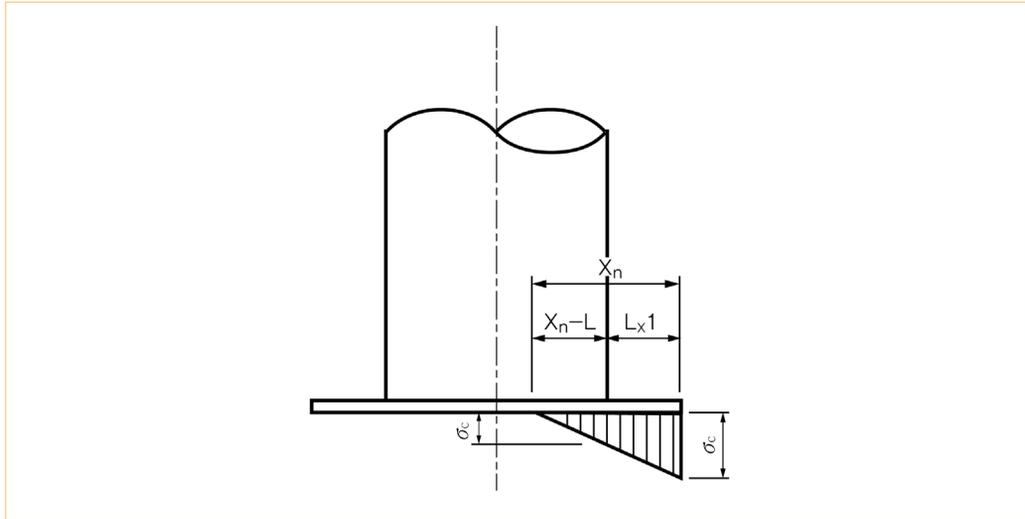
- 수직력 : N_1
- 수평력 : H_1
- 휨모멘트 : M_1
- 비틀림모멘트 : M_n
- 중립축의 산정

- 편심 거리 : $e_0 = \frac{M_2}{N_1}$

- 영계수 : N_0

- Anchor Bolt 산정 (M25) : $A = 4.91\text{cm}^2$ $n=8EA$

- 인장 볼트 단면적 : $at = A \times \frac{n}{3}$



$$X_n^3 + 3 \times \left(e_0 - \frac{D_0}{2} \right) X_n^2 - \frac{6 \times n_0 \times a}{b} \times (d - X_n) = 0$$

∴ 중심축 X_n

- 콘크리트의 최대 압축응력 산정

$$\sigma_c = 2 \times N_1 \times \frac{e_0 + \frac{D_0}{2} - d_t}{b \times X_n \times \left(d - \frac{X_n}{3} \right)} = < 1$$

- Anchor Bolt의 산정

- 단면 산정
 - 인장력

$$T_1 = 2 \times N_1 \times \frac{N_1 \times \left(e_0 - \frac{D_0}{2} - \frac{X_n}{3} \right)}{d - \frac{X_n}{3}}$$

- 인장응력

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A}, \quad \frac{\sigma_t}{f \times 1.5} < 1$$

- Anchor 길이 산정 $L = \frac{\sigma_t \times \Phi}{6 \times f} \times \frac{1}{1.5} < 180cm$

- Plate 설계 : 리브 플레이트로 둘러싸인 부분을 장방형으로 한 3변 고정단으로 계산
 - 자유단 길이 : L_{y1}
 - 고정단 길이 : L_{x1}

• 응력산정 : 압축반력을 평균 등분포로 작용시켜서

• 단위 압축응력 $W_6 = \frac{\sigma_c \times \sigma_{c'}}{2} = \quad t/cm^2$

• 삼변고정단 $\frac{L_{y1}}{L_{x1}}$

철근 콘크리트구조 설계 규준(일본)의 슬래브 응력도에 의해 $\alpha=0.12$

• 자유단 모멘트 : $M_6 = w_6 \times L_{x1}^2 \times \alpha$

• 단면 가정 :

- Base Plate 두께,

$$t_2 = \sqrt{\frac{6 \times M_3}{f_b \times 1.5}} < 1.5cm \quad f_{b1} = \text{면외하중에 대한 허용휨응력}$$

- Rip Plate 설계

응력 산정 : 전단력 $Q_2 = w_6 \times L_{x1}^2 \times u$

단면산정 높이(h_4), 두께(t_4)

전단 응력 :

$$\tau = \frac{Q_0}{t_4 \times h_4}, \quad \frac{\tau}{f_s \times 1.5} = < 1$$

○ 용접

• 단면 산정

- 필렛 : S_2

- 목두께 : $\alpha_2 = 0.7 \times L$

- 용접길이 : L

• 전단응력

$$\tau = \frac{Q_2}{2 \times \alpha_4 \times L}, \quad \frac{\tau}{f_s \times 1.5} = < 1$$

○ 처짐

사하중에 의한 처짐은 부재 단면의 변경 또는 처짐량 만큼 미관을 고려 강선(wire)을 당기거나, 지주를 기울여서 설치하는 등의 조치가 필요하다.

- 부착대의 처짐 = 강선으로 당겨서 처짐량을 조절하므로 생략

$$y_{1a} = 0.00\text{cm}$$

- 지주의 처짐각

$$\theta = \frac{R_{z1} \times h_1^2}{2 \times E \times I}$$

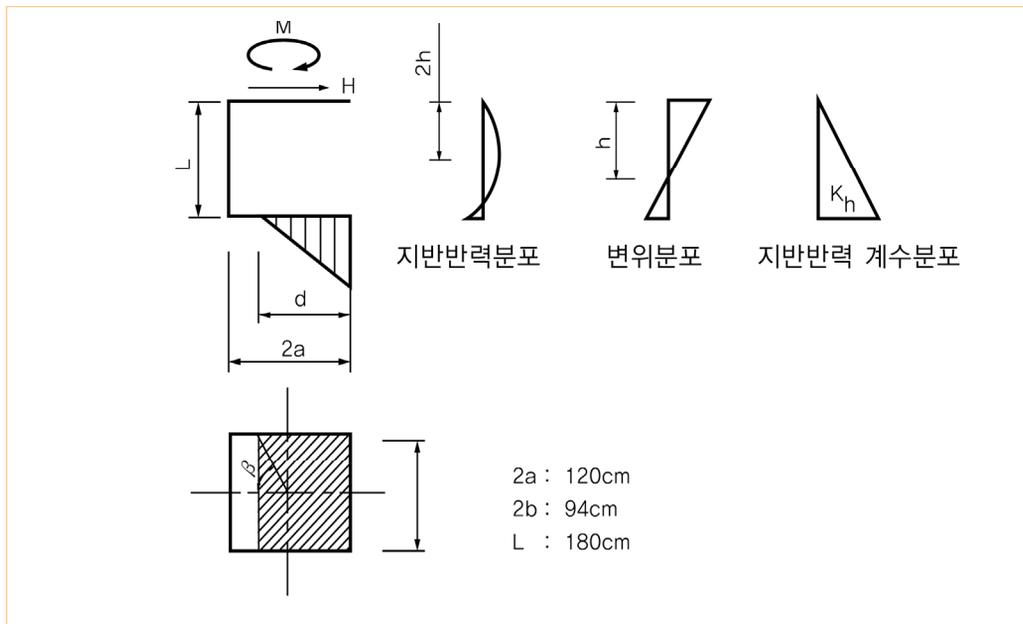
- 지주의 휨에 따른 부착대의 처짐

$$y_2 = L \times \theta$$

- 부착대의 총처짐

$$\Sigma_y = y_1 + y_2$$

라. 기초 계산



(1) 존재 응력

- 압축력 N_1
- 수평력 H_1
- 휨모멘트 M

(2) 저면 지반 응력도

- 수평방향 지반 반력 계수 : $K_{1H} = K_{HO} \times \left(\frac{B_H}{30}\right)^{-3/4}$

여기서, K_H = 수평방향 지반 반력 계수

$$K_{HO} = \frac{1}{30} \times \alpha \times E_0 \quad (\text{시험계수})$$

$$B_H = \sqrt{A_h} \quad (\text{기초환산재우폭})$$

$$E_0 = 28 \times N \quad (\text{지반변형계수 } N = 10)$$

$$\alpha = 2 \quad (\text{지반반력계수})$$

$$A_H = 16920\text{cm}^2 \quad (\text{기초환산재우면적})$$

- 수직 방향 지반 반력계수 :

$$K_V = K_{VO} \times \left(\frac{B_V}{30}\right)^{-3/4}$$

여기서, K_V = 수직방향 지반 반력 계수

$$K_{VO} = \frac{1}{30} \times \alpha \times E_0 \quad (\text{시험계수})$$

$$B_V = \sqrt{A_h} \quad (\text{기초환산재우폭})$$

$$E_0 = 28 \times N \quad (\text{지반변형계수 } N = 10)$$

$$\alpha = 2 \quad (\text{지반반력계수})$$

$$A_H = 11280\text{cm}^2 \quad (\text{기초환산재우면적})$$

- β 의 계산

$$2_a \times 2_b \times L \times \gamma_c = K_V \times a_3 \times \theta \times v_1 (\beta \text{를 } 85^\circ \text{로 가정, 단위: t,m})$$

$$v_1 = n \times (1 + n \times \cot\beta) \quad 2_{v2} = \frac{n}{30} \times (2 - n \times \cot\beta) \times (1 + n \times \cot\beta) \times 2$$

여기서 $n = \frac{2_b}{2_a}$, $K_1 = b \times K_h \times L$, $K_2 = \frac{2}{3} \times b_1 \times K_h \times L_2$,

$$K_3 = \frac{1}{2} \times b \times K_h \times L_3 \times a_4 \times v_2$$

$$\theta = \frac{M \times K_1 + H \times K_2}{K_1 \times K_3 - K_2^2}$$

$K_V \times a_3 \times \theta \times v_1 = 2_a \times 2_b \times L \times \gamma_c$ 에 의해서 $\approx \beta$ 값 산정

여기서 γ_c (기초 콘크리트 중량) : 2.35t/m²
 γ (지반 단위체적 중량) : 1.7t/m²
 K_V (토압계수) : 3.53

○ 안전 점검

$$h \times \theta \times \leq 2.4L \times \gamma \times \frac{K_P}{K_H}, \quad h \times \theta = \frac{M \times K_2 + H \times K_3}{M \times K_1 + H \times K_2} \times \theta, \quad 2.4 \times L \times \gamma \times \frac{K_P}{K_H}$$

○ 계산치와 실시공상의 비교 검토

$$2a = 120\text{cm} \leq 120\text{cm}$$

$$2b = 94\text{cm} \leq 120\text{cm}$$

$$L = 180\text{cm} \leq 180\text{cm}$$

∴ 적정함

본 업무편람에 대한 의견이나 문의가 있을 때에는
아래로 연락주시면 감사하겠습니다.

경찰청 교통안전과 첨단교통계

전 화 : 02)3150-2851

FAX : 02)3150-2813

도로교통공단 교통운영연구처

전 화 : 033)749-5441

FAX : 033)749-5934

**2023 교통신호기
설치·운영 업무편람**

TRAFFIC SIGNAL INSTALLATION-OPERATION GUIDELINES



2023년 12월 인쇄

2023년 12월 발행

발행처 : 경찰청
02)3150-2851

