

발 간 등 록 번 호

11-1500000-001381-14

평면교차로 설계 지침

2004. 12.



건 설 교 통 부

머 리 말

국가 경제의 성장과 더불어 자동차의 보급이 급격히 증가함에 따라 도로는 통행 이용자가 보다 안전하고 쾌적하며 신속한 이동을 할 수 있는 기반이 되어야 합니다.

도로시설 중 도로와 도로가 만나는 교차로는 특히 안전과 운영 측면에서 매우 중요한 역할을 담당하고 있습니다.

지금까지 평면교차로를 계획 및 설계할 때 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침」, 「도로설계기준」, 「도로설계편람」 등을 적용하여 왔습니다만, 실무에서는 국내 도로의 기능별 분류나 다양한 지형여건 그리고 교통 조건에 적합하게 활용할 수 있는 상세설계 예시도가 미흡하여 교차로의 설계와 개선에 있어서 다소 어려움이 있었습니다.

이에 따라 본 지침은 도로설계기준의 하위 기술기준으로서 평면교차로의 계획·설계·시공시 실무담당자가 지켜야 할 중요한 내용을 담아 보다 쉽게 이해하고 활용할 수 있도록 실제 적용 측면을 강조하여 설계 지침을 재정리하였습니다.

본 지침 발간에 있어서 많은 전문가의 조언과 토의를 통해 합리적인 지침을 만들려고 최선을 다하였지만, 다소 미흡한 부분이 있을 것으로 생각합니다. 지침의 현장 적용성 검증을 거쳐 보완·발전의 여지가 있는 부분과 새로운 기술 개발에 따른 지침의 개정이 필요한 경우, 연구검토와 논의를 통하여 지속적으로 보완해 가고자 합니다. 여러분의 적극적인 활용과 지속적인 관심을 부탁드립니다.

끝으로, 본 지침 발간에 정성을 다해 주신 한국건설기술연구원의 집필진, 자문·평가심의위원, 그리고 관계공무원의 노고에 진심으로 감사 드립니다.

2004. 12.

건설교통부 도로국장

강 영 일 강 영 일

설계지침 개정에 따른 경과조치

본 평면교차로 설계지침 발간시점에서 이미 시행중인 건설공사 및 설계용역은 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

< 목 차 >

제 1 장 총 칙	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	2
1.3 용어 정의	2
1.4 참고 기준	4
제 2 장 평면교차로의 일반사항	5
2.1 기본적 설계 고려사항	5
2.2 평면교차로 계획시 기본적 고려사항	6
2.3 평면교차로의 형태	10
2.4 평면교차로의 상층	12
제 3 장 평면교차로의 상세 설계 지침	15
3.1 설계절차와 기하구조 기준	15
3.2 평면교차로 설치위치와 간격	33
3.3 평면교차로의 구성요소별 설계 지침	45
3.4 안전시설	73
제 4 장 교통운영과 신호운영	85
4.1 교통운영	85
4.2 신호운영	87
제 5 장 다른 도로와의 연결	149
5.1 설치위치	149
5.2 구성요소	153

제 6 장 평면교차로의 개선 기법	159
6.1 교차로 형태의 개선	159
6.2 도류화	165
6.3 세부 시행기법	168
제 7 장 회전교차로 (잠정)	179
7.1 회전교차로의 일반사항	179
7.2 회전교차로의 유형	189
7.3 회전교차로의 설치기준	200
7.4 지방지역 회전교차로의 설계기준	211
참고문헌	241

※ 부록 1 평면교차로 설계 예시도(일반도)

1. 교차로 도류화 설계 예시도

※ 부록 2 회전교차로 설계 예시도(일반도)

1. 회전교차로 도류화 설계 예시도

※ 부록 3 평면교차로 설계 예시도(상세도)

1. 평면교차로의 하위도로 접속
2. 도류로 각각부의 곡선
3. 교통분리섬(대)

< 표 차례 >

<표 2.1> 부도로의 용량	10
<표 2.2> 교차로별 상충의 수	13
<표 2.3> 평면교차로에서 교통운영과 상충의 관계	14
<표 3.1> 국도상의 평면교차로 설치 간격	37
<표 3.2> 신호교차로의 최소시거	42
<표 3.3> 비신호교차로의 최소시거	43
<표 3.4> 차량이 3초 동안 이동한 평균 거리	44
<표 3.5> 접근로 테이퍼의 최소 설치기준	49
<표 3.6> 감속길이	51
<표 3.7> 대형차 혼입률에 따른 조정 평균차량길이	52
<표 3.8> 도류로의 폭	57
<표 3.9> 변속차로의 길이	60
<표 3.10> 도로모퉁이의 길이	63
<표 3.11> 도류시설물의 종류	66
<표 3.12> 도로위계별 도류시설물 선정	67
<표 3.13> 노즈 옵셋 및 셋백의 최소값	70
<표 3.14> 선단의 최소 곡선반경	70
<표 3.15> 분리대 각 체원의 최소값	71
<표 4.1> 접근속도별 최소 가시거리	91
<표 4.2> 교차로 크기에 따른 신호등면의 수	92
<표 4.3> 신호등 설치기준 - 자동차 교통량	98
<표 4.4> 신호등 설치기준 - 최소 자동차 교통량과 보행자 교통량	98
<표 4.5> 비보호 좌회전 기준	99
<표 4.6> 정주기신호 연동계수(PF)	119
<표 4.7> 교차로의 지체와 서비스 수준	120
<표 4.8> 교차로 대기상태에 따른 옵셋	130

<표 4.9> 각 차로군의 소요 현시율	133
<표 4.10> 차로군의 녹색시간비, 포화도 및 용량(네갈래교차로)	138
<표 4.11> 교차로 전체의 서비스 수준	141
<표 4.12> 각 차로군의 소요현시율	143
<표 4.13> 차로군의 녹색시간비, 포화도 및 용량(세갈래교차로)	145
<표 4.14> 교차로 전체의 서비스 수준	148
<표 5.1> 곡선구간의 곡선반경 및 장애물까지의 최소거리	150
<표 5.2> 교차로 주변의 접속시설 설치 제한거리	151
<표 5.3> 교차로 영향권의 최소 길이	152
<표 5.4> 변속차로의 최소거리	154
<표 7.1> 회전교차로와 로터리의 비교	182
<표 7.2> 회전교차로 유형별 설계요소 비교	197
<표 7.3> 설계기준자동차의 제원	213
<표 7.4> 회전교차로에서의 정지시거	219
<표 7.5> 설계속도별 최소 교차로 시거	221
<표 7.6> 지방지역 회전교차로의 회전차로 최소폭과 중앙교통섬 직경 ...	226
<표 7.7> 회전교차로 관련 교통안전표지	233

< 그림차례 >

<그림 2.1> 평면교차로의 구분	11
<그림 2.2> 상충의 유형	13
<그림 3.1> 교차로의 설계흐름도	18
<그림 3.2> Y형 교차로의 개선 예	26
<그림 3.3> 네갈래교차로의 개선 예	27
<그림 3.4> 변형교차	28
<그림 3.5> 도로선형의 개선	29
<그림 3.6> 평면교차로에서 차로수의 균형	32
<그림 3.7> 집산로 설치에 의한 방법	35
<그림 3.8> 회전차로 길이에 의한 제약	36
<그림 3.9> 평면선형을 고려한 평면교차로의 설치	38
<그림 3.10> 종단선형을 고려한 평면교차로의 설치	39
<그림 3.11> 교차로 내에서의 시거	43
<그림 3.12> 시거 삼각형	44
<그림 3.13> 차로 중앙선의 변경	47
<그림 3.14> 파행적인 진행금지	47
<그림 3.15> 좌회전 차로의 구성	48
<그림 3.16> 교차로에서 시거를 고려한 접근로 테이퍼 설치	50
<그림 3.17> 도류로의 폭	59
<그림 3.18> 보차도 경계선의 설치	61
<그림 3.19> 회전에 따른 주행궤적	61
<그림 3.20> 도로모퉁이의 설치	62
<그림 3.21> 도로모퉁이의 길이 예	64
<그림 3.22> 삼각교통섬과 사선 표시	69
<그림 3.23> 삼각교통섬의 구성	70
<그림 3.24> 분리대의 형태	71

<그림 3.25> 연석의 설치	72
<그림 3.26> 신호등의 설치 위치	74
<그림 3.27> 시거의 확보	77
<그림 3.28> 정지선 설치 예	79
<그림 3.29> 횡단보도와 교통섬의 관계	80
<그림 3.30> 횡단보도의 설치위치	81
<그림 3.31> 횡단보도의 안전을 고려한 횡단보도의 설치	82
<그림 3.32> 횡단보도 주변의 개선	83
<그림 4.1> 신호시간 계산과정(독립교차로 정주기신호)	102
<그림 4.2> 차로별 이동류와 가능 차로군	108
<그림 4.3> 이상적인 조건의 시공도	129
<그림 5.1> 교차로 주변의 영향권 및 설치 제한거리	150
<그림 5.2> 변속차로가 설치되었거나 설치 예정인 평면교차로의 영향권 ..	151
<그림 5.3> 교차로에 인접한 연결로의 최소설치간격	153
<그림 5.4> 직접식 변속차로 설치	157
<그림 5.5> 평행식 변속차로 설치	158
<그림 6.1> 교차로의 개선 예	160
<그림 6.2> Y형 교차로의 개선 예	161
<그림 6.3> 엇갈림 교차의 개선	162
<그림 6.4> 교차로의 선형 개선	164
<그림 6.5> 교차로 분할	165
<그림 6.6> 도류화 설계	166
<그림 6.7> 금지된 방향의 진로를 막는 예	169
<그림 6.8> 주행경로를 명확히 한 예	170
<그림 6.9> 바람직한 자동차 속도를 유지하는 예	171
<그림 6.10> 상충지점의 분리 예	172
<그림 6.11> 교통류의 교차 예	173
<그림 6.12> 주교통을 우선적으로 처리한 예	174
<그림 6.13> 기하구조와 교통관계	175

<그림 6.14> 교통류 분리	176
<그림 6.15> 보행자나 자전거 이용자를 위한 대피장소	177
<그림 7.1> 간선도로에 회전교차로 설치사례	180
<그림 7.2> 회전교차로 설계요소	183
<그림 7.3> 회전교차로의 진입각	185
<그림 7.4> 회전교차로의 회전반경	185
<그림 7.5> 일반교차로와 회전교차로의 자동차 상충지점 비교	187
<그림 7.6> 일반교차로와 회전교차로의 자동차·보행자 상충지점 비교 ..	187
<그림 7.7> 회전교차로의 연간 지체시간 감소 효과	188
<그림 7.8> 초소형 회전교차로	192
<그림 7.9> 도시지역 소형 회전교차로	193
<그림 7.10> 도시지역 1차로 회전교차로	193
<그림 7.11> 도시지역 2차로 회전교차로	194
<그림 7.12> 지방지역 1차로 회전교차로	195
<그림 7.13> 지방지역 2차로 회전교차로	196
<그림 7.14> 겹 회전교차로	199
<그림 7.15> 쌍구 평면 회전교차로	199
<그림 7.16> 직결형 회전교차로	199
<그림 7.17> 단구 입체 회전교차로	199
<그림 7.18> 쌍구 입체 회전교차로	199
<그림 7.19> 회전교차로 진입용량	203
<그림 7.20> 2차로 회전교차로와 신호교차로의 면적 비교	207
<그림 7.21> 회전교차로 계획 절차	209
<그림 7.22> 회전경로(직진인 경우)	215
<그림 7.23> 회전경로(좌회전과 우회전인 경우)	215
<그림 7.24> 속도와 회전반경과의 관계	216
<그림 7.25> 회전반경의 유형	217
<그림 7.26> 완만한 감속을 위한 접근로 설계	218
<그림 7.27> 진입부에서의 교차로 시거	220

<그림 7.28> 진입부와 진출부 설계	223
<그림 7.29> 통행로 상층	224
<그림 7.30> 진입부 설계 방법	225
<그림 7.31> 중앙교통섬 횡단면 설계	228
<그림 7.32> 중앙교통섬 조경	229
<그림 7.33> 분리교통섬 설계	229
<그림 7.34> 우회전 별도차로 설계방법	230
<그림 7.35> 회전차로의 종단면 설계	231
<그림 7.36> 지방지역 1차로 도로 회전교차로의 표지 설치 사례	234
<그림 7.37> 회전교차로의 조명 설치	237

제 1 장 총 칙

1.1 목적

본 지침은 평면교차로 계획 및 설계에 관한 기본적이고 세부적인 지침을 정함으로써, 도로 교통 안전과 원활한 교통 소통을 도모하는 데 목적이 있다.

【해설】

평면교차로란 도로와 도로, 또는 도로와 철로가 서로 교차 또는 접속되는 공간 및 그 내부의 교통시설물을 말하는 것으로 교차로의 기하구조, 운영방법 등에 따라 운전자가 통행노선을 선정하는 의사결정 지점이 된다. 따라서 교차로는 정상적인 교통의 진행뿐만 아니라 횡단, 회전등이 발생하여 도로의 다른 부분보다 복잡한 운행이 되어 사고 및 교통정체가 일어나기 쉬우므로 각별히 신중을 기하여야 하는 곳이다. 즉, 교차로 및 그 인근지역은 안전 및 운영상 특별한 주의가 요구되는 지역이다.

따라서 교통을 안전하고 원활하게 처리하기 위해서는 교차로를 어떻게 적절히 계획·설계하고 운영할 것인가 하는 것이 매우 중요한 문제이다. 특히, 평면교차로의 경우 기존 도로에 새로운 도로가 접속되어 자연발생적으로 형성되는 경우가 많아 정형화된 설계방법이 있는 것이 아니므로 기본요소와 기본원칙에 최대한 충실하며 주변여건을 고려하여 설계를 한다.

흔히 교차로의 문제를 교차로 자체만의 문제로 파악하는 경우가 많으나, 그 파급효과는 연계 노선 전체의 도로 및 교통여건에 중요한 영향을 미치게 된다. 만일 다차로의 넓은 도로의 공간은 교통을 통과시키는 도로로서의 역할보다는 대기 및 주차의 기능으로 전락하여 계획도로가 제 역할을 다하지 못하게 될 것이다. 따라서 도로의 안전성, 효율성, 운행비용, 용량 등은 교차로의 계획, 설계 및 운영에 의하여 지배되므로 교차로의 양부(良否)는 해당 도로뿐만 아니라 가

2 평면교차로 설계 지침

로망 전체에 커다란 영향을 미치게 되므로 그 계획, 설계 및 운영에 특히 유의한다.

이 지침의 목적은 평면교차로의 교통 특성 및 도로 기하구조 조건에 부합하여 안전과 소통을 도모할 수 있는 도로시설이 설계될 수 있도록 하고자 그 기준과 설계기법을 제시한 것이며, 교차로 유형별 설계 예시도를 제공하여 설계에 참고가 되도록 한 것이다.

1.2 적용범위

본 지침은 평면교차로의 계획 및 설계에 관한 사항이며, 주로 지방지역 도로를 대상으로 적용한다.

【해설】

본 지침은 현재 국가에서 직접 관리하고 있는 지역 간 간선도로인 일반국도로써 신설, 확장 사업이 수행되는 경우, 교차로 개선 사업을 시행하는 경우, 사업시행 도로와 다른 도로와의 교차에 있어 교통여건, 지역여건 등을 고려할 때 평면교차로에 대한 합리적이고 효율적인 계획 및 개선지침을 제공하는 것이다.

따라서 본 지침은 도로법 제11조(도로의 종류와 등급)에 규정된 도로 중 지방지역 도로를 적용대상으로 하며, 도시지역 도로 및 기타 도로에 대해서는 준용할 수 있다.

1.3 용어 정의

본 지침에서 사용하는 주요 용어의 정의는 다음과 같다.

- **평면교차로** : 도로와 도로, 또는 도로와 철로가 서로 교차 또는 접속되는 공간 및 그 내부의 교통시설물
- **회전교차로** : 평면교차로의 일종으로 교차로 중앙에 원형 교통섬을 두고 교차로를 통과하는 자동차가 이 원형 교통섬을 우회하도록 하는 교

차로 형식

- **상충** : 2개 이상의 교통류가 동일한 도로공간을 사용하려 할 때 발생하는 교통류의 교차, 합류 및 분류되는 현상
- **회전차로** : 자동차가 우회전, 좌회전 또는 유턴을 할 수 있도록 직진하는 차로와 분리하여 설치하는 차로
- **변속차로** : 자동차를 가속시키거나 감속시키기 위하여 설치하는 차로
- **교통섬** : 자동차의 안전하고 원활한 교통처리나 보행자 도로횡단의 안전을 확보하기 위하여 교차로 또는 차도의 분기점 등에 설치하는 섬 모양의 시설
- **도류화** : 자동차와 보행자를 안전하고 질서 있게 이동시킬 목적으로 교통섬이나 노면표시를 이용하여 상충하는 교통류를 분리시키거나 규제하여 명확한 통행경로를 지시하여 안전하고 신속한 통행을 보장하기 위해 사용하는 기법
- **신호등면** : 한 접근방향에서 볼 수 있는 3~4개의 신호등 렌즈로 이루어진 것
- **주기** : 신호등의 등화가 완전히 한 번 바뀌는 것 또는 그 시간의 길이
- **주기분할** : 주기 내에서 각 이동류 또는 차로군의 교통량에 따라 녹색시간을 할당하는 것
- **윽셋** : 어떤 기준시간으로부터 녹색등화가 켜질 때까지의 시간차를 초 또는 주기의 %로 나타낸 값
- **신호현시** : 동시에 통행권을 받는 하나 또는 몇 개의 이동류에 할당된 시간구간을 말하며, 하나 이상의 신호간격으로 이루어짐. 따라서 중첩현시에서는 한 신호표시가 두 현시에 걸쳐서 계속 될 수도 있음
- **연동** : 몇 개의 신호기가 유선 또는 무선으로 연결되거나, 연결되지 않더라도 동기모터로 상관관계를 유지하면서 인접 교차로와 동시신호, 교호신호 또는 연속진행시스템으로 운영되는 것
- **진행대** : 연동식 신호시스템에서 실제 연속 진행할 수 있는 첫 자동차와 맨 끝 자동차간의 시간대. 또 시간(초)으로 나타낸 이 폭을 진행대폭이라 하며, 이 기울기를 연속진행 속도라 함
- **신호제어기** : 신호현시를 나타내는 시간조절기로서 전기기계식, 전자식 및

4 평면교차로 설계 지침

solid state식으로 운영됨. 제어기의 종류에는 크게 정주기제어기, 교통 감응제어기, 교통대응제어기로 나눌 수 있음

1.4 참고 기준

- 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙(건설교통부, 1999)
- 도로와 다른 도로 등과의 연결에 관한 규칙(건설교통부, 2003)
- 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(건설교통부, 2004)
- 도로설계기준(건설교통부, 2001)
- 교차로에서의 영향권 길이 산출기준(건설교통부, 2002)
- 평면교차로 계획 및 개선의 일반지침(건설교통부, 1995)
- 도로용량편람(건설교통부, 2001)
- 도로설계편람(건설교통부, 1999)
- 도로교통법 시행규칙(행정자치부, 2004)
- 교통안전시설실무편람(경찰청, 2000)

제 2 장 평면교차로의 일반사항

2.1 기본적 설계 고려사항

- 가. 평면교차로 설계시 기하구조와 교통관제 운영방법이 상호 조화를 이루도록 하며, 가능한 회전 차로를 독립적으로 설치하여 교통 특성이 서로 다른 교통류를 분리시켜야 한다.
- 나. 각종 교통안전시설은 운전자나 보행자가 명확히 알아 볼 수 있도록 필요한 장소와 수량을 적정하게 설치해야 한다.

【해설】

평면교차로를 설계할 때는 교통안전과 원활한 소통이 되도록 해야 하지만 기본적인 요구사항들을 동시에 만족시키기 어려운 부득이한 경우, 교통안전이 우선되어야 한다.

평면교차로의 용량은 교통 제어 방법, 차로의 운영 방법, 횡단면 구성 등에 따라 다르며, 신호교차로에서 교통정체를 일으키지 않기 위해서는 교차로에 도착하는 교통량 이상의 용량을 갖는 교차로로 설계를 한다.

가장 많은 교통량과 높은 속도를 갖는 교통류를 우선적으로 처리해야 하며, 회전 교통류를 효과적으로 처리하기 위해 가능한 한 회전차로를 독립적으로 설치하는 것이 바람직하다. 또한 양보 의무를 갖는 이용자에게는 시설물을 통하여 분명히 의무를 알려 주어야 한다.

평면교차로 설계 시 고려할 사항은 다음과 같다.

(1) 인적요소

- | | |
|------------|--------------------|
| ① 운전 습관 | ④ 판단 및 반응시간 |
| ② 판단능력 | ⑤ 자동차 주행경로에의 순응 정도 |
| ③ 운전자의 기대치 | ⑥ 보행자의 특성 |

6 평면교차로 설계 지침

(2) 교통류의 요소

- ① 용량
- ② 회전교통량
- ③ 자동차의 제원
- ④ 자동차의 흐름
- ⑤ 자동차의 속도
- ⑥ 대중교통 수단과의 연결
- ⑦ 교통사고 기록

(3) 물리적 요소

- ① 인접부지의 사용 특성
- ② 종단선형
- ③ 시거
- ④ 교차각
- ⑤ 상충지역
- ⑥ 속도 변화 구간
- ⑦ 교통관제 시설
- ⑧ 조명시설
- ⑨ 안전시설

(4) 경제적 요소

- ① 공사비 및 주변 토지 보상비
- ② 지체 및 우회에 따른 연료 소비

(5) 환경 요소

- ① 주변 토지이용 현황 등의 사회·경제환경 요소
- ② 소음, 공해 등의 생활환경 요소

2.2 평면교차로 계획시 기본적 고려사항

교차로를 계획할 때에는 교차로의 인지성, 조망성, 이해성과 통행성을 고려하며, 모든 교차로 이용자(자동차, 보행자, 자전거 등)가 시설을 편리하고 안전하게 이용토록 계획한다.

【해설】

평면교차로를 계획할 때 기본이 되는 사항은 교차로의 인지성, 조망성, 이해성과 통행성으로 요약될 수 있다. 평면교차로의 인지성은 교차로로 진입하는 자동차의 운전자가 전방에 교차로의 존재를 인지하고 차로 선택, 가감속 등의 조치를 취할 수 있도록 하는 것을 말하며, 교차로 전방의 충분한 시거 확보와 주변과의 차별성 등에 의하여 확보되어야 한다. 따라서 야간의 경우 조명시설을 설치하는 것이 바람직하며, 불록형 곡선이나 작은 곡선부에 위치한 교차로에서는 분리대의 연장, 적절한 예고표지, 보조 신호기, 양보표지의 설치 등으로 개선할 수 있다.

조망성은 양보의 의무를 가진 도로 이용자가 통행 우선권을 가진 이용자를 정확하게 인지할 수 있는 것을 말하는 것으로 주행속도에 따른 시거가 확보되어야 하며, 직각에 가까운 교차각을 이루고, 교차로 내의 교통안전시설이 운전자 및 보행자의 시거에 제약되지 않도록 설치하는 것이 중요하다. 만일 이들이 충분히 확보되지 않았다면 교차로 내의 시거 확보를 위한 조치와 주행속도를 완화시킬 수 있는 방안이 강구되어야 한다.

이해성은 모든 도로이용자가 회전을 할 수 있는 위치, 차로 선택, 상충 가능 지점, 통행우선권 등을 명확하게 식별할 수 있는 것을 말하며, 이의 확보를 위해서는 자연스러운 진로변경, 교통시설의 설치형태와 교통소통을 위한 유도로의 일치, 적절한 통행 우선권의 부여, 유도시설의 시각적 효과 확보 등이 되어야 한다. 그러나 만일 교통유도나 교통제어의 일부가 도로이용자에게 충분히 이해시키는 데 미비하다면 속도제한, 신호시설과 같은 조치를 취한다.

통행성은 교차로의 형태가 자동차의 동역학적 특성, 주행궤적에 의한 기하학적 요구와 일치되는 것을 말하는 것으로, 적합한 주행궤적이 고려되어 합리적인 폭과 곡선반경으로 교차로를 구성하면 만족시킬 수 있다. 그러나 차로가 지나치게 넓은 경우, 교통섬의 면적이 너무 좁은 경우, 주행속도가 고려되지 않은 경우 등에는 통행성에 제약을 받을 수 있다.

가. 교차로 안전

교차로의 모든 기본적인 요구사항들을 동시에 만족시키기 곤란한 경우에는

8 평면교차로 설계 지침

교통안전이 우선되어야 한다. 이를 위하여 지방지역에서는 속도제한과 신호시설 등이 중요하며, 도시지역에서는 노인, 장애인, 자전거 이용자 등의 교통약자를 위한 안전조치를 충분히 한다. 특히, 이들은 자동차 충돌시 일방적으로 피해를 입는 집단으로, 반응과 행동의 예측이 어렵기 때문에 지속적이고 세심한 주의가 필요하다.

일반적으로 교차로 계획시 교통안전을 위한 주요 고려사항은 다음과 같다.

- 도로이용자에게 동시에 2개 이상의 의사결정을 요구해서는 안 된다.
- 도시지역 교차로의 설계시에는 낮은 속도로 통행하도록 유도한다.
- 양보의무를 갖는 이용자에게는 시설로써 분명히 의무를 알려주어야 한다.
- 교차로 전방과 교차로 내에서 충분한 시거가 확보되도록 한다.
- 보행자의 안전한 횡단을 위하여 운전자와 시선을 마주칠 수 있도록 한다.
- 도시지역 교차로에는 조명시설을 설치한다.

나. 교차로 용량

교차로의 용량은 교통제어방법, 차로의 운영방법, 횡단면 구성 등에 따라 다르며 용량 이상의 교통량이 교차로에 도착하면 교통정체가 발생한다. 따라서 평면교차를 계획하는 경우 교차로가 어느 정도의 교통량을 처리할 수 있는지, 교차로에 교통량이 얼마나 도착할 것인가를 파악하는 것이 중요하다. 즉, 신호 교차로에서 교통정체를 일으키지 않기 위해서는 교차로에 도착하는 교통량 이상의 용량을 갖는 교차로를 설계하여야 하며, 용량을 증대시키는 것은 교통정체 해소 대책의 기본이 된다.

그러나 용량을 증대시키는 것에는 한계가 있다. 이는 용지 및 주변 지장물로 인한 도로폭의 제약, 교차로에서 교차되는 교통량을 순서대로 처리함으로써 한 쪽 방향 도로의 자동차가 진행하고 있는 동안 다른 방향 도로의 자동차가 운행이 불가능하므로, 교차가 없는 단로부에 비하여 교차로의 용량은 적어지기 때문이다. 그러므로 교차로를 계획할 때에는 현실적인 제약조건 다음에서 어떻게 용량을 증대시킬 것인가 하는 것을 다양한 관점에서 검토하여 가급적 큰 용량을 유지하도록 교차로 계획을 수립한다.

다. 교통관제

교차로의 계획, 설계는 그 교차로의 교통운영과 교통관제방법에 따라서 달라지는 경우가 많으므로 계획, 설계 시는 교통관제방법에 대한 고려가 필요하다. 낮은 속도의 낮은 상대속도를 유지하는 교차로의 경우에는 많은 교통관제방법이 필요하지는 않은 반면, 높은 상대속도를 갖는 교차로에서는 신호제어, 정지표지, 양보표지 등의 교통관제를 하지 않으면 위험하게 되므로 교통관제시설로써 자동차의 주행경로를 차단시키거나 전환한다.

(1) 신호제어

고속으로 주행하는 자동차에 신호제어를 하면 추돌 사고가 증가하며 그 피해도 커지므로 교통관제에 주의한다. 특히 80km/시 이상의 설계속도로 건설되는 도로는 주로 장거리 통과교통을 위한 도로로서 접근성보다는 이동성이 중요시되므로, 시간단축과 주행 쾌적성을 유지하기 위해 본선의 교통을 방해하지 않도록 신호제어에 신중을 기하여야 하며, 제한속도 조정 등을 이용한 운영방법을 병용하여 신호제어방법을 고려하되 단계건설에 의한 입체교차 방법을 함께 고려하는 것이 바람직하다.

(2) 정지 및 양보표지

고속으로 진입하는 자동차를 일시정지로 규제하는 것은 운전자의 예측을 곤란하게 함으로써 교통의 혼란을 일으키고 사고발생의 우려가 크다. 따라서 설계속도 60km/시 이상으로 계획된 도로의 직진교통에 대해서는 일시정지 및 양보표지를 이용한 교통관제를 하여서는 안 된다.

일시정지나 양보표지가 설치된 교차로에서 용량은 크게 두 가지의 요소에 의해서 영향을 받는다. 하나는 일시정지표지나 양보표지가 설치되어 있지 않은 도로(주도로)의 교통량이고, 다른 하나는 일시정지표지나 양보표지가 설치된 도로(부도로)상의 운전자가 주도로를 교차하여 진행하거나 회전하기 위해 안전하다고 판단되는 주도로상의 차두간격의 분포와 크기이다. 이에 따른 주도로의 교통에 대해서 관제를 하지 않고 부도로에 일시정지표지나 양보표지를 설치하는 경우 부도로의 용량은 <표 2.1>과 같다.

10 평면교차로 설계 지침

<표 2.1> 부도로의 용량

부도로 교통관제방법	차두간격(T, 초)		주도로의 양방향 교통량(대/시)				
	a	b	800	1000	1200	1400	1600
일시정지	8	5	200	140	100	75	45
	7	5	250	190	140	110	80
	6	5	315	250	200	160	125
양 보	7	3	350	250	185	135	95
	6	3	c	335	225	200	150
	5	3	c	440	360	290	235

주) a. 부도로의 첫 번째 운전자가 안전하다고 받아들이는 주도로의 최소 차두간격(초)

주) b. 주도로의 차두간격이 클 때 부도로의 두 번째 운전자가 통행하는 데 필요한 시간(초)

주) c. 이 경우에는 부도로의 용량이 주도로의 반을 초과하여 현실성이 없으므로 생략함

일반적으로 일시정지표지를 설치하는 한계교통량은 도로의 폭, 좌·우회전 교통량 및 주변의 조건에 따라서 크게 달라진다. 교차하는 교통량이 약 1,000대/시 이하이면 교통량이 적은 쪽을 일시정지 시킴으로써 통과할 수 있겠지만, 교통량이 많아지면 대기시간이 증가하고 운전자의 초조감도 커져 사고요인이 된다. 따라서 일시정지표지를 설치하는 도로에 대해서는 임계 교통량을 용량보다 작게 설정해 계획(설계)한다.

(3) 회전교통

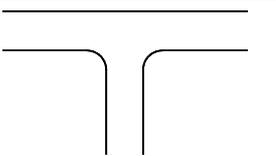
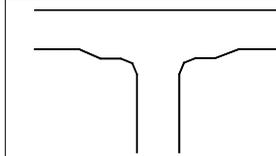
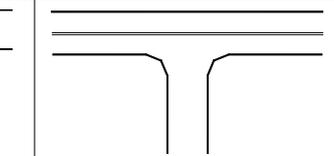
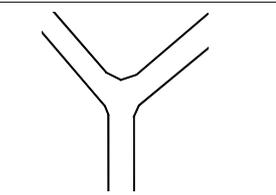
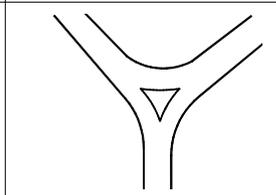
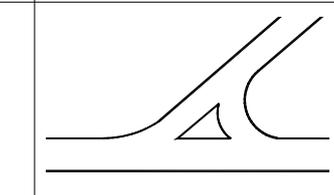
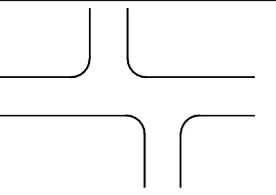
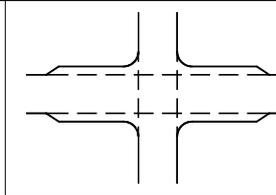
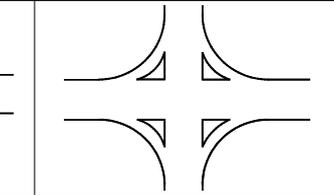
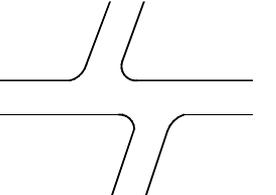
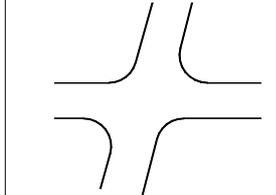
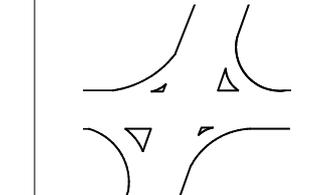
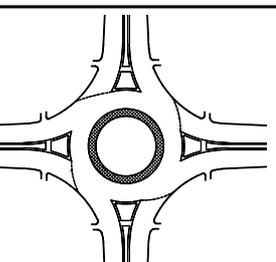
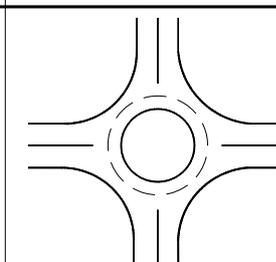
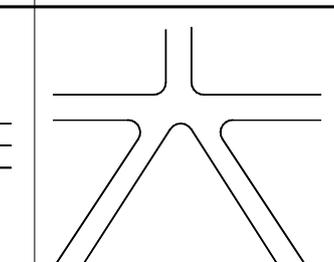
교차로에서는 좌·우회전 자동차가 직진 자동차의 통행을 방해하지 않도록 하는 것이 교통안전과 교통용량 측면에서 중요하다. 특히 주행속도가 높을수록 회전하는 자동차로 인한 사고가 많아지며 사고피해도 커지므로, 회전하는 자동차가 직진차로를 침범하지 않고 회전 또는 회전대기를 할 수 있도록 한다.

2.3 평면교차로의 형태

평면교차로의 형태는 교차하는 갈래의 수, 교차각 및 교차 위치에 따라 구분되며 세갈래교차로, 네갈래교차로, 기타교차로로 분류된다.

【해설】

평면교차로의 형태는 교차하는 갈래의 수, 교차각 및 교차 위치에 따라 <그림 2.1>과 같이 분류할 수 있다. 여기서 갈래라 함은 교차로의 중심을 기준으로 할 때 바깥 방향으로 뻗어나간 도로의 수를 말한다.

세 갈래 교차로	T형			
		미확폭교차로	확폭교차로	단순유출입(단순접속)
Y형 교차로	Y형			
		미확폭교차로	확폭교차로	도류화
네 갈래 교차로	직각			
		엇갈림	확폭교차로	도류화
사각 교차로	사각			
		엇갈림	확폭교차로	도류화
기타	기타			
		회전교차로(Roundabout)	로터리	기형(여러갈래) 교차로

<그림 2.1> 평면교차로의 구분

2.4 평면교차로의 상충

- 가. 평면교차로 내 상충 횟수를 최소화하며, 상충이 발생하는 교통류간의 속도 차이를 작게 한다.
- 나. 같은 지점에서 서로 다른 상충이 발생하지 않도록 한다.
- 다. 상충이 발생하는 지점(면적)을 최소화 한다.

【해설】

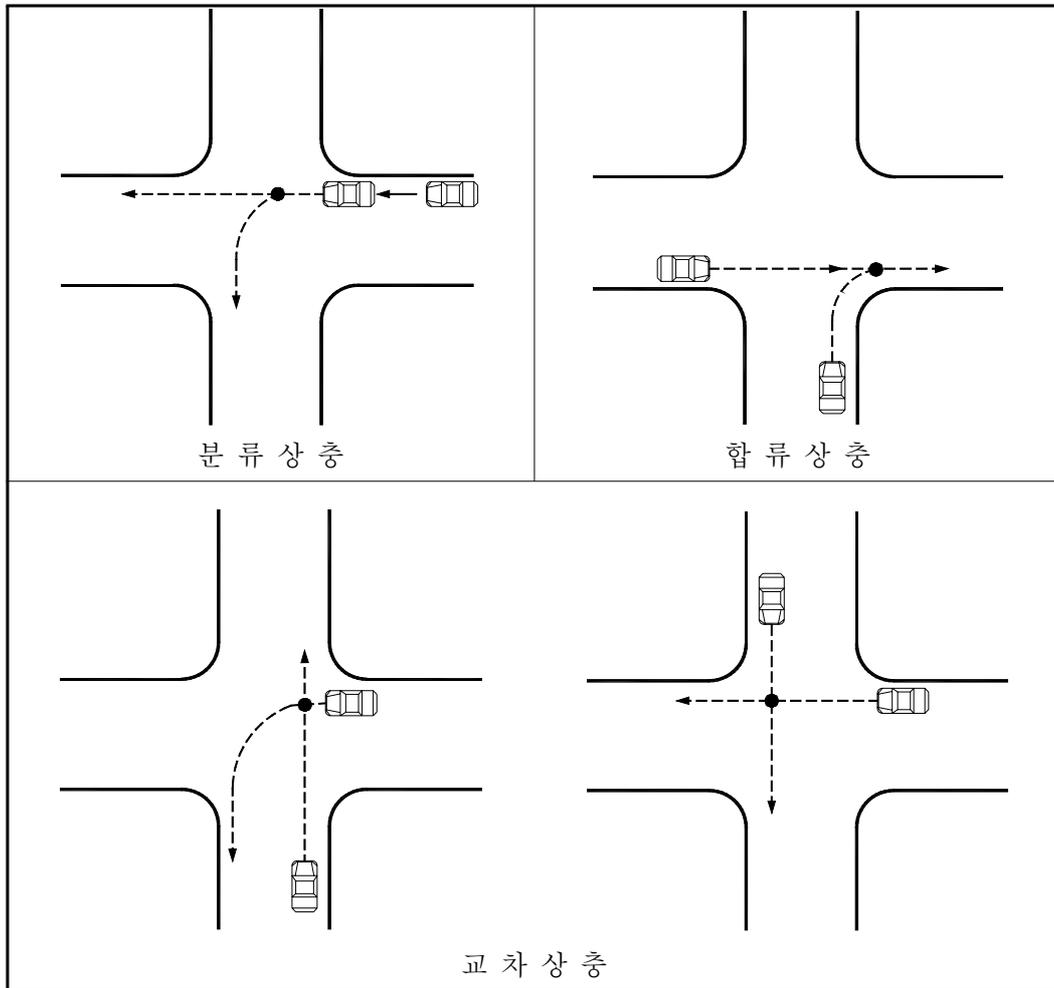
교차로를 설계할 때는 교차각의 합리적인 처리, 시거, 종단경사 등의 기하구조적인 면에 주로 관심을 갖게 되지만, 실제로는 어떻게 효과적으로 상충을 처리하느냐가 중요하므로 교차로를 여러 부분으로 나누어 각 부분에 대하여 상세히 분석을 한다. 여기서 상충이란 2개 이상의 교통류가 동일한 도로공간을 사용하려 할 때 발생하는 교통류의 교차, 합류 및 분류되는 현상을 말한다. <그림 2.2>는 평면교차로의 상충 유형을 나타낸 것이다.

교차로 설계에서 핵심이 되는 것은 교차로 내에서 발생하는 교차지점의 상충, 합류 및 분류 지점의 상충, 보행자와의 상충 등을 효율적이고 안전하게 처리할 수 있도록 하는 것이다. 설계시에는 상충의 형태, 상충이 포함되는 교통량, 상충이 발생하는 위치 및 시기, 그리고 상충 교통류의 평균속도 등을 상세히 분석하여 상충의 면적과 횟수를 최소화시키고 위치 및 시기를 조정하여 운전자들로 하여금 한 지점에서 되도록 단순한 의사결정 과정을 거치도록 한다.

교차로에 유입하는 도로의 수가 많아지면 교차로 내에서의 교차, 합류 및 분류하는 교통류의 수가 기하급수적으로 많아져 교차로에서의 교통처리가 매우 복잡하게 될 뿐만 아니라 사고위험 등이 급격하게 증대된다.

<표 2.2>는 교차로의 형태별 상충의 수를 나타낸 것이다. 세갈래교차로에서는 9개의 상충이 발생되던 것이 네갈래교차로에서는 32개의 상충이 발생하게 되고, 다섯갈래 교차로에서는 상충 횟수가 79개로, 여섯 갈래 교차로에서는 172개로 그 상충 횟수가 기하급수적으로 증가되므로 갈래 수가 1개 증가하는 것은 단순히 1개의 갈래 수(접속도로 수)가 늘어난 것으로만 생각해서는 안되며, 가

능한 교차하는 갈래(도로)의 수는 최소가 되도록 한다.



<그림 2.2> 상충의 유형

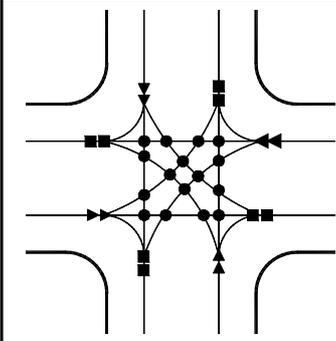
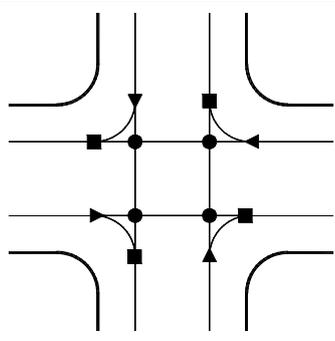
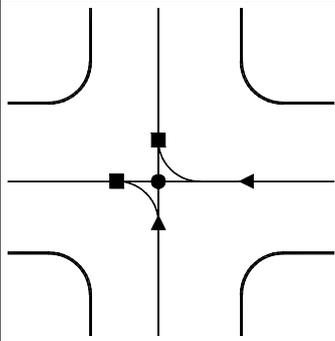
<표 2.2> 교차로별 상충의 수

갈래 수	분류상충(▲)	합류상충(■)	교차상충(●)	계
3	3	3	3	9
4	8	8	16	32
5	15	15	49	79
6	24	24	124	172

14 평면교차로 설계 지침

교차로에서의 상충은 단순히 교차하는 도로(갈래)의 수뿐만 아니라 <표 2.3>과 같이 교통운영방법에 따라서도 큰 변화를 일으키게 한다. 예를 들어 네갈래 교차로의 경우 좌회전을 모두 금지시키면 상충의 수가 32개에서 12개로 줄어들게 되며, 일방통행을 하게 되면 5개의 상충만 발생하게 된다. 따라서 교차로에서는 상충의 효율적인 처리를 위하여 교통운영에 대하여 항상 고려한다.

<표 2.3> 평면교차로에서의 교통운영과 상충의 관계

회전허용		좌회전 금지		일방통행	
					
분류상충(▲)	8	분류상충(▲)	4	분류상충(▲)	2
합류상충(■)	8	합류상충(■)	4	합류상충(■)	2
교차상충(●)	16	교차상충(●)	4	교차상충(●)	1
계()	32	계()	12	계()	5

제 3 장 평면교차로 설계 지침

3.1 설계절차 및 기하구조 기준

- 가. 평면교차로 설계시 용량 감소를 최소화 한다.
- 나. 교차하는 도로의 교차각은 직각에 가깝도록 90도를 기준으로 ± 15 도 이내로 교차하도록 한다.
- 다. 교차로의 종단경사는 3퍼센트 이하로 한다. 다만, 주변 지장물과 경제성을 고려하여 필요하다고 인정되는 경우에는 이를 6퍼센트 이하로 할 수 있다.

【해설】

3.1.1 설계절차

가. 개 요

교차로 설계시 일반 도로구간(단일로)과의 근본적인 차이점은 기존 도로에 접속되거나 신설되는 도로 상호간에 영향을 미치게 되므로, 신설되는 도로뿐만 아니라 기존 도로에도 큰 영향을 미친다는 점이다. 즉, 기존에 소통과 안전에 큰 문제가 없던 도로도 교차로가 신설됨으로써 교차로에서 용량이 매우 작아지며, 기하구조 조건의 변경 등으로 사고 위험성이 매우 증가된다는 것이다. 또한 기존의 교차로들은 자연발생적으로 형성된 상태가 그대로 방치되어 있는 경우가 많으므로, 새로운 교차로의 설계뿐만 아니라 기존교차로의 개선을 위한 설계도 매우 중요한 사항이 된다. 이러한 교차로의 설계는 준비작업, 기본설계, 상세설계, 분석 및 검증의 단계를 이루는데, 이는 일반 도로구간의 설계에서 시행하는 것보다 분석 및 검증의 단계가 추가로 필요하게 되는 것을 의미한다.

준비작업 단계에서는 계획·설계의 기본방침을 세우기 위하여 각종 자료의

16 평면교차로 설계 지침

수집과 현장조사를 근거로 문제점을 분석하여 기본방향을 수립하며, 기본설계 단계에는 기본방침에 입각하여 계획·설계를 위한 비교대안을 선정하여 비교 분석함으로써 최적 안에 대한 교통관제방법과 교통처리능력을 검토하고 기하구조상 주요요소의 수치를 결정하고 설계의 개요를 도출하는 작업을 한다. 상세 설계 단계는 설계에 필요한 모든 요소들을 포함하는 설계의 마무리를 하는 작업이 된다. 이렇게 설계된 교차로는 건설완료 전 실제 주행특성이 설계치와 맞는지 등을 확인하기 위하여 도류로 등에 대하여 임시 시설물을 설치하여 그 효과를 검증하고 문제점을 도출하여 최적의 설계가 되도록 보완하는 분석 및 검증의 단계를 거친 후 최종적으로 건설하는 것이 가장 이상적인 방법이다.

나. 준비작업

(1) 자료수집 및 조사

교차로를 설계할 때는 해당 교차로의 문제점을 정확히 파악하기 위하여 필요한 자료를 수집하는 일이 매우 중요하다. 이들 자료는 교차로의 현황도, 교통량, 사고자료, 교통관제와 교통규제의 상황, 교차로 주변의 토지이용 현황(특히, 자동차의 출입이 있는 시설의 위치) 등이 있다. 여기서 주의하여야 할 점은 설계하고자 하는 교차로의 부근에만 관심을 둘 것이 아니라 교차로를 중심으로 가급적이면 광범위한 자료를 수집·검토할 필요가 있다.

실제로 지체가 심하거나 사고가 많다 등의 설계자 자신의 경험이나 이용자에게서 들은 불만을 토대로 설계에 착수하는 경우가 많으나, 이러한 문제점이 어떠한 원인으로 인하여 나타나고 있는가를 확실히 밝히기 위해서는 수집한 자료와 기존 자료를 기준으로 검토·분석하는 것이 필요하다. 즉, 이 단계에서 중요한 것은 현지조사를 통하여 현장의 상황을 충분히 관찰하는 일이다. 수집한 자료로는 알지 못했던 사실이 현장에서 관찰과 수집한 자료를 기존 자료와 비교·검토함으로써 문제의 원인을 보다 명확하게 구체화할 수 있다.

(2) 문제점 분석

문제점을 명확히 파악하는 것이다. 이들을 정확하게 파악하지 않은 상태로 설계한다면 그것은 효과적인 설계가 될 수 없을 뿐만 아니라 기존 문제점이 해

소되지 않아 오히려 이용자에게 혼선만 초래할 수도 있다.

(3) 주요 조사사항

(가) 도로 및 주변도로 현황조사

- ① 주변 가로망의 형태, 인접 교차로 현황, 주변의 대규모 교통유발시설, 공공시설의 분포 등 교차로뿐만 아니라 주변 전체에 대한 현황조사
- ② 지형·지물 및 각 진입로에 대한 설계속도, 횡단면 구성, 선형 등의 기하구조와 설계상 필요한 고려사항
- ③ 포장, 배수, 횡단경사, 표지판, 신호등, 노면표시, 식재 상황 등 부속시설물 현황

(나) 교통량 조사

- ① 방향별, 차종별, 시간대별 교통량(주변 교차로 현황을 동시에 조사)
- ② 버스, 택시 등의 이용자 현황과 운영실태

(다) 교통운영 및 교통 특성 조사

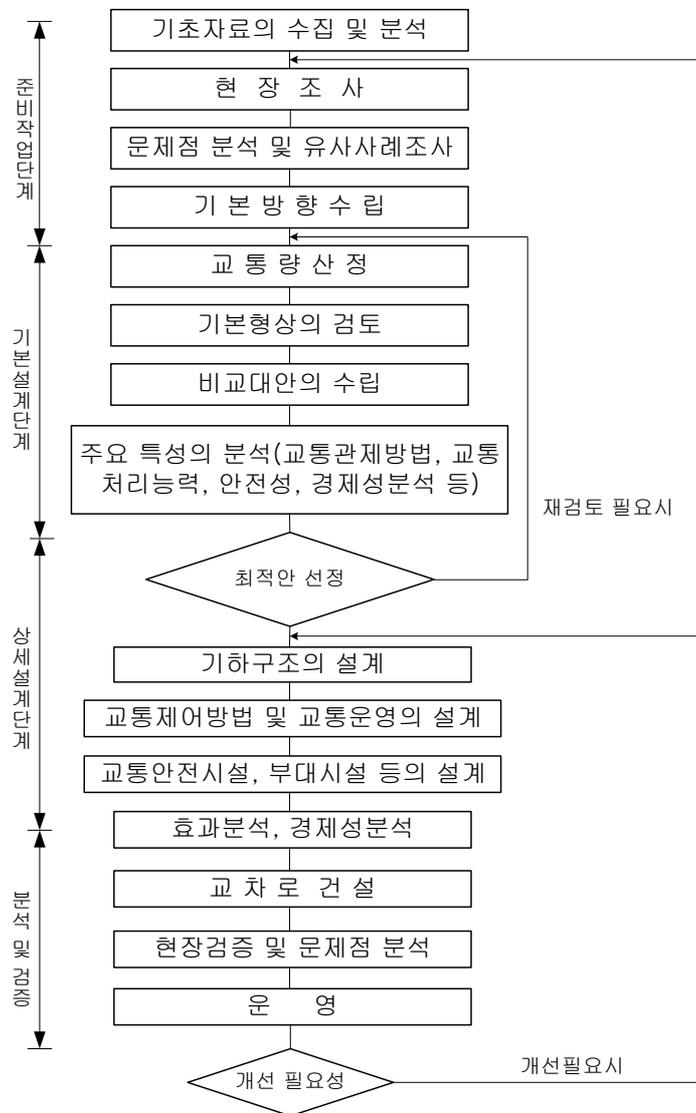
- ① 신호등, 일시정지표지, 양보표지 등 교통관제, 회전금지표지, 진입금지표지 등 교통규제 상황
- ② 자동차의 정지위치, 교차로 통과속도, 주행궤적, 사고위험 등의 교통 특성 조사
- ③ 보행자, 자전거 및 교통약자(어린이, 노약자, 장애인 등)의 통행 특성
- ④ 버스, 택시 등의 이용자 현황과 운영실태

(라) 교통사고 조사

- ① 최근 몇 년 간의 교통사고를 정도별, 유형별, 위치별, 차종별로 사고현황 조사(사고 일시, 기상 상태 포함)
- ② 신설의 경우 유사 형태 교차로의 교통사고 기록 조사

(4) 기본방향의 수립

교차로의 계획 및 설계시 그 목표는 항상 사고발생의 예방, 교통혼잡의 완화, 이용자의 편리성 확보로 압축된다. 물론 이들 모두를 만족시키는 것이 최종 목표이지만, 만일 모두를 동시에 만족시키지 못한다면 어떤 것에 우선순위를 둘 것이며 그 순위에 따른 보완대책을 어떻게 수립할 것인가에 대하여 유념하는 것이 기본방향의 수립이 된다.



<그림 3.1> 교차로의 설계흐름도

다. 기본설계

(1) 교통용량과 설계교통량의 추정

교통정체의 완화 혹은 해소를 주목적으로 하는 교차로의 설계에서는 교통용량과 교통수요를 추정하고 설계안이 교통수요를 처리할 수 있는지 검토한다. 교차로의 교통처리능력, 즉, 교통용량은 교차로에서 각 유입부의 교통용량으로부터 추정할 수 있으며 계산에 의하여 추정하는 방법과 교차로에서 실제관측을 통하여 값을 구하는 방법이 있다. 일반적으로 실제로 측정한 값과 계산에 의한 값은 같지 않다. 계산에 의하여 추정한 값은 주어진 도로 및 교통조건 하에서의 평균적인 값이라고 생각하면 좋을 것이다. 실제의 교차로에서는 계산으로 나타낼 수 없는 요인이 존재하며 그것은 교차로에 있어서 다양한 차이를 나타내기 때문이다. 그러므로 계산에 쓰이는 교통용량의 값보다는 그 교차로의 실태를 충실히 반영한다는 의미에서 실측에 의하여 구한 값을 사용하는 것이 중요하다.

다음으로 교차로의 각 유입부 교통용량을 기준으로 볼 때 교차로에 도착하는 교통수요상의 교통량(설계교통량)을 처리할 수 있는지 검토한다. 이 설계교통량은 보통 오전 및 오후 첨두시간대를 채택하여 설정한 교차로의 접근별, 방향별(직진, 좌회전, 우회전), 차종별 교통량을 조사하여 추정한다.

이때, 신호를 2회 이상 대기하는 자동차행렬이 생기는 유입부에서 측정된 교통량은 교통수요를 바르게 나타내고 있지 않다는 것에 유의할 필요가 있다. 유입부에서 교통용량의 값은 교통량으로 측정할 수 있는 최대의 값이므로 교통용량 이상의 자동차가 도착한 경우에는 교통수요가 실제로 측정한 교통량보다 많은 것을 의미한다. 따라서 설계교통량은 그 초과분(신호 2회 이상 대기하는 자동차행렬의 대수)을 가산한 값으로 설정해야 한다.

(2) 형태의 검토

(가) 교차로의 교차각

설계시 교차로 개선의 기본적인 사고는 「가능한 한 교차로를 단순하고 명확하게 한다」는 것이다. 단순한 T자형이나 십자형의 교차로가 문제점이 적어 바람직한 형태라고 할 수 있으므로 교차로의 형태를 될 수 있는 대로 단순한 T

20 평면교차로 설계 지침

자형이나 십자형에 가깝게 되도록 하는 것이 기본이다.

즉, 교차하는 도로의 교차각은 직각에 가깝게 하여야 하며, 이러한 토대 위에 자동차가 일정하고 안정된 주행상태로 교차로를 통과할 수 있도록 교차로 주변 및 교차로 내부의 기하구조나 노면표시 등을 명확하게 설계하는 것이 중요하다. 이와 같은 단순화의 논리는 교차로의 형태나 기하구조뿐만 아니라 교통운영에 있어서도 마찬가지다. 신호에 의하여 교차로의 교통처리나 교통규제를 가하는 경우에도 불필요하게 복잡한 교통운영은 피해야 하며 가능한 한 단순하고 명확하게 한다. 교차로의 단순화·명료화는 운전자, 보행자 등의 도로이용자에게 알아보기 쉽게 하고, 교차로 설계의 의도가 쉽게 해석되도록 하기 위해서도 중요한 것이다.

도로이용자 입장에서 알아보기 어려운 교차로는 교통류를 안전하고 원활하게 처리할 수가 없고, 대개의 경우에 문제가 발생한다. 교차로를 알아보기 쉽게 설계·운영하는 데 있어서 단순화·명료화라는 기본사고는 가장 중요하며, 이를 형태화하는 가장 기본적인 방법이 교차하는 도로의 교차각을 직각에 가깝도록 하는 것이다.

(나) 교차면적

교차로의 형태가 복잡하거나 면적이 필요이상으로 넓으면 교차로 내에서의 주행자동차들이 분산되므로 교차로 내에서 자동차의 주행위치가 불안정하게 되어 교통사고의 위험성이 증대한다. 또한 넓은 교차로는 정지선 간 거리가 길어지기 때문에 신호가 바뀔 때 교차로에 유입한 자동차가 교차로를 완전히 벗어나기까지의 시간이 길어지게 되어 교차로의 교통처리 능력이 저하된다. 유입부 도로가 네갈래 이상이 있는 여러갈래 교차, X형이나 Y형과 같이 비스듬히 교차하는 예각교차, 엇갈림교차, 굴절교차 등 변형교차의 경우는 일반적으로 교차로 면적이 넓어지게 되기 쉽다. 이러한 경우에는 교차로의 형태를 단순하게 하는 데 초점을 맞출 필요가 있다. 교차로의 형태가 복잡하면 교통운영방법 또한 복잡하게 되어 교차로에서 지체증대 혹은 교통처리능력 저하가 초래된다. 따라서 복잡한 형태의 교차로를 개선할 때에는 형태의 적정화와 동시에 교통규제와 교통제어에 대한 평가를 통하여 교통운영의 단순화도 고려해야 한다.

교차로의 면적을 적정하게 하는 방법은 각 교차로의 형태에 따라 다르나 정지선간 거리를 가능한 짧게 하는 것과 교차로 내에서 자동차의 흐름을 명확히 하는 것을 원칙으로 하고 있다. 즉, 교차로의 면적은 자동차가 정지선 사이를 주행하는 데 소요되는 시간이 가능한 짧게 되도록 한다. 이를 위해 필요 이상으로 면적이 넓은 교차로에서는 정지선 혹은 횡단보도의 위치를 가급적 교차로의 중심에 가깝게 할 필요가 있다. 중심에 가깝게 하는 경우의 교차로에서는 횡단보도의 위치가 보도의 연석선의 연장선에서 약 자동차 1대의 길이만큼 바깥쪽으로 후퇴한 위치이면 좋다. 이것은 우회전하는 자동차가 횡단보행자를 위하여 대기하는 공간을 제공하는 것과 우회전 자동차가 직진 자동차에 영향을 적게 주기 위함이다.

(3) 비교 대안의 작성

문제점과 그 원인이 명확해지면 이에 대한 대책을 검토하여 개선 안을 작성하게 된다. 개선 안을 작성함에 있어서는 한 가지의 안을 작성하는 것이 아니라 가능한 몇 개의 대안을 작성하여 어느 안이 유리하고 실행 가능한지 충분히 검토하는 것이 필요하다. 즉, 어떤 문제에 대하여 어느 대책이 유효하다고 해도 그 대책을 실시함으로써 새로운 문제가 생기는 경우가 있으므로 이러한 경우에 대비하여 최적의 설계안 작성을 위해서는 여러 개의 비교대안을 작성하여 검토하는 것이 좋다.

예를 들어, 교통정체를 해소하기 위해서는 제1안이 바람직하나 이 경우 교통사고의 위험성이 높고, 교통안전에 좋은 제2안의 경우 교통소통을 원활히 하는데 문제가 될 수도 있다. 따라서 개선 안을 작성함에 있어서는 그 대안을 시행함으로써 나타날 영향에도 관심을 가지고 그 악영향을 최소화하도록 하는 검토가 필요하다. 이러한 검토의 효과로 작성된 비교 안이 설계의 기본이 된다.

(4) 최적 대안의 선정

여러 개의 비교대안 중에서 최적 대안을 선정하는 일이 단순한 것만은 아니다. 왜냐하면 최적 안을 선정할 때 교통소통, 교통안전, 이용자의 편리성 및 경제성 측면을 모두 고려한 후 주요 특성을 분석하여 결정하게 되지만, 이들 중

22 평면교차로 설계 지침

한 가지라도 소홀하게 되면 비교대안의 작성과정부터 다시 시행하여야 하기 때문이다. 즉, 최적 대안은 상기의 모든 내용을 면밀히 재검토하는 것은 물론 상세 설계시 예상되는 문제점도 동시에 분석, 선정한다.

특히, 주변 교차로와의 관계에도 유념하여야 하는 데, 이는 만일 해당 교차로를 개선하여 교통정체를 해소한다 하더라도 인근 교차로에서 정체가 발생하면 노선 전체로 볼 때 정체의 발생장소만 이동하는 결과를 가져오게 되므로 실질적으로는 개선의 효과가 없게 되기 때문이다.

라. 상세설계

교차로의 상세설계는 도류화에 의한 기하구조 설계, 시거 확보, 신호현시 등의 교통운영 및 교통관제, 기타 교통안전시설 등을 설계하는 것으로 각각의 구체적인 방법은 다음 절에서 상세하게 언급할 것이며, 본 절에서는 설계기본원칙, 기하구조기준 등 가장 기초적인 사항만 간략히 기술하기로 한다.

마. 분석 및 검증

교차로의 신설 또는 개선을 시행한 후에는 이전 문제점의 개선 정도와 새로운 문제점을 검토하는 것이 필수적이며, 이를 위해서는 건설완료 후에도 지속적인 조사가 필요하다. 교통정체의 해소(완화)와 교통사고의 감소를 목적으로 하는 교차로 개선의 경우에 필요한 기본적인 검토사항은 다음과 같다.

- ① 교통량, 교통용량
- ② 대기행렬의 길이(첨두시의 최대 또는 평균)
- ③ 교차로 통과에 필요한 시간(첨두시의 주행시간)
- ④ 사고발생 상황(언제, 어디서, 어떠한 사고가 있는 지에 대한 조사)
- ⑤ 교통 특성의 변화 등

교통정체와 관련하여 교차로의 효과 평가에 필요한 조사의 실시시기는 개선 직후와 약간의 시간이 경과한 후(기준으로는 3개월과 6개월의 2회)가 바람직하다. 교통사고와 관련해서는 통상 6개월, 1년이 경과한 후의 조사 결과가 아니면 효과 평가를 할 수 없다. 또한 그 후에도 계속하여 자료를 수집하는 것이 중요

하며 이러한 자료를 가지고 효과 평가를 충분히 할 수 있다.

결론적으로 교차로는 1회의 개선으로 모든 문제가 해결되는 일은 거의 없다고 할 수 있으며, 개선 후의 효과 평가를 통하여 남겨진 문제 혹은 새로 발생한 문제를 명확히 하고 개선하는 작업을 계속해야 한다.

3.1.2 설계의 기본원칙

교차로 설계에 있어서의 기본원칙은 교차로의 형태나 운영방법을 가능한 한 단순하고 명확하게 하는 것이며, 기본 목표는 사람이나 자동차가 교차로를 안전하고 편리하며 효율적으로 이용하도록 하는 것이다. 이를 위해서는 자동차, 자전거, 보행자 및 교통시설 간의 상충을 최소화시키며, 교차로 이용자의 운행 특성과 일반적인 흐름에 가급적 부합되도록 해야 하는 데, 이들을 좀더 세부적으로 기술하면 다음과 같다.

가. 다섯갈래 이상의 여러갈래 교차로를 설치하여서는 안 된다.

교차로의 상충 횟수는 교차로 갈래수 증가에 따라 기하급수적으로 늘어나며, 다섯갈래 이상의 교차로에서는 서로 교차하는 교통류의 종류가 많아지고 복잡해지므로 교통용량 및 교통안전에 비합리적이다. 이때는 교차로에 접속되는 좁은 도로는 교차로 앞의 다른 도로에 접속시키거나 유·출입만을 허용하는 등 가급적 네갈래교차로로 설치하는 방법을 검토함으로써 여러갈래 교차가 되지 않도록 한다.

나. 교차각은 직각에 가깝도록하며 75도~105도 이내로 한다.

서로 교차하는 교통류는 직각으로 교차하도록 하는 것이 두 교통류의 상대속도 차를 최소화하고 시야가 넓어져 좋다. 즉, 교차각이 작은 경우에는 상충지점 및 회전하는 자동차의 회전궤적이 커서 교통사고가 발생하기 쉽기 때문에, 비스듬히 교차하는 형태의 교차로(Y형, X형 등)는 가능한 한 직각에 가깝도록 90도를 기준으로 ± 15 도 이내의 교차로(T형, 십자형 등)로 한다.

다. 엇갈림교차, 굴절교차 등의 변형교차는 피해야 한다.

교차로 내에서 상충을 겪게 되는 운전자의 입장에서 보면 상충 1회에 많은 집중력과 판단력이 소요되므로 한 개의 주행경로에서 여러번의 상충이 발생하지 않도록 해야 한다. 또한 상충의 위치가 근접해 있으면 위험성이 증가하고 자동차 혼잡이 가중되므로 상충지점을 분리시켜야 하며 같은 지점에서 서로 다른 상충이 발생하는 것은 절대 금지해야 한다. 따라서 엇갈림교차, 굴절교차 등의 변형·변칙교차는 교통류가 복잡하게 움직이게 되어 바람직하지 않으므로 앞에서와 같이 T형이나 십자형이 되도록 한다.

라. 교통류의 주종관계를 명확히 한다.

현장의 교통상황을 충분히 관찰하여 교통류의 주종관계가 명확히 되도록 주 교통류와 부 교통류를 구분한다. 주 교통류를 우선적으로 처리하여 효율성과 안전성을 증대시켜야 하며, 이에 따라 각 교통류에 할당하는 차로 배분이나 신호현시의 조합방안을 결정한다.

마. 서로 다른 교통류는 분리한다.

좌회전 자동차가 교차로의 접근도로상에 정지하고 있으면 후속하는 직진 자동차의 주행을 방해하며 교통용량이 저하되고 교통사고를 유발하게 된다. 우회전 자동차도 회전 보행자로 인하여 좌회전 자동차의 경우와 같은 현상을 유발하게 된다. 이와 같이 좌·우회전 자동차로 인한 악영향이 발생하지 않도록 하는 것이 중요하며, 특히 좌회전 차로는 반드시 직진교통과 분리한다.

바. 자동차의 유도로를 명확히 한다.

좌회전과 우회전 자동차의 주행이 일정하고 안정된 궤적을 갖게 하기 위하여 도류도를 설치한다. 교차로가 클 경우 우회전 도류로는 교통섬을 설치함으로써 타 교통류와 분리한다. 좌회전 도류로는 필요에 따라서 노면표시를 교차로 내에 위치하도록 한다. 이와 같이 교통류를 분리하여 도류화할 경우에 설치하는 교통섬은 가능한 크게 하되 갯수는 적게 하는 것이 좋다. 작은 교통섬을 여러 개 설치하는 것은 오히려 교통류를 복잡하게 하여 혼란이 발생하기 쉬우므로 피해야 한다.

사. 교차로의 면적은 가능한 한 최소가 되도록 한다.

너무 넓은 교차로는 교차로 내에서 교통류가 분산되므로 교통안전상 바람직하지 않으며, 교차로를 통과하는 시간, 즉, 교차로에 유입한 자동차가 교차로를 완전히 벗어나는데 소요되는 시간이 증대하여 교차로의 교통용량도 저하된다. 따라서 면적이 넓은 교차로에 대해서는 정지선의 위치와 교차로 내에서 자동차의 흐름을 유도하는 것 등을 충분히 검토하여 교차로의 면적이 적절하게 되도록 한다.

아. 교차로의 기하구조와 교통관제방법이 조화를 이루도록 한다.

좌회전 차로와 좌회전 표시의 위치, 좌회전 차로의 길이와 신호주기의 관계 등 교차로의 기하구조와 교통관제방법이 조화된 설계가 아니면 각각의 효과가 크지 않을 뿐 아니라 안전을 저해하는 결과가 발생한다. 교차로의 설계시에는 이들이 서로 잘 조화가 되도록 설계를 한다.

자. 각종 교통안전시설의 설치에 유의한다.

입체 횡단시설, 장애물 표시 등의 각종 교통안전시설을 설치 혹은 개선함으로써 큰 효과가 있는 경우가 있으므로 이들 안전시설을 적절한 장소에 적절한 수를 설치하도록 충분히 검토한다.

3.1.3 평면교차로의 형태**가. 기본원칙**

평면교차로는 자동차, 보행자 및 시설물이 복잡하게 얽혀 있는 지점으로 교통사고의 위험성이 높고 교통운영상태가 나빠질 우려가 많은 곳이다. 따라서 교차로의 형태는 기본적으로 교차하는 도로의 선형이 직선이 되도록 하며, 교차하는 각도가 직각에 가깝도록 함으로써 교차로의 면적을 최소화시키고, 일단 교차로에 진입한 운전자나 보행자들이 최소한의 시간을 가지고 교차로를 신속하고 안전하게 통과하도록 하는 직각 교차로를 원칙으로 한다.

나. 예각교차

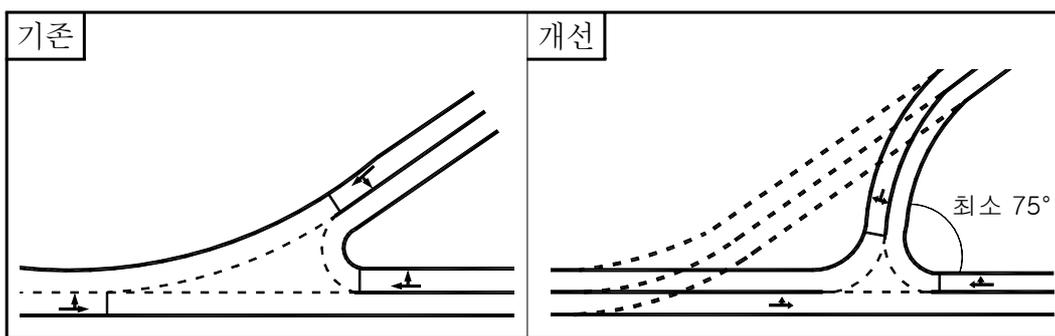
예각의 교차로는 직각교차로에 비하여 정지선간의 거리가 길고 교차로 면적이 넓어지기 쉽다. 따라서 자동차가 교차로 내부를 고속으로 통과하려는 형태가 발생되므로 좌·우회전 자동차와 횡단보행자 사이에 사고가 발생하기 쉽다. 또한 이러한 교차로는 시거도 나쁘게 되며 교통처리 능력에도 문제가 있게 된다.

이러한 교차로의 개선은 통상 부도로를 대상으로 하며, 이 경우 교차로에 너무 근접하여 선형을 개선하면 자동차가 부도로의 대향 차로를 침범하기 쉽고 시거도 나빠지므로 부도रो에 정지하고 있는 자동차와 충돌하는 위험이 발생된다. 그러므로 부도로의 교차로 유입부에서 선형을 개선할 경우 현지의 지형과 자동차의 주행궤적 등을 충분히 고려해야 한다.

(1) 세갈래교차로

직각의 T형 교차로는 안전한 평면교차로의 유형으로 볼 수 있으나 Y형 교차로는 매우 심각한 측면 충돌 교통사고가 발생할 수 있다. 이는 운전자들이 교차로의 통행권을 분명히 깨닫지 못하고 주행하기 때문이며, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 <그림 3.2>와 같이 개선할 수 있다.

가로축이 주도로일 경우, 교차로의 형태를 직각에 가깝도록 설계하여 부도로에서 주도로로 우회전하는 교통류의 속도를 제어할 필요성이 있다.



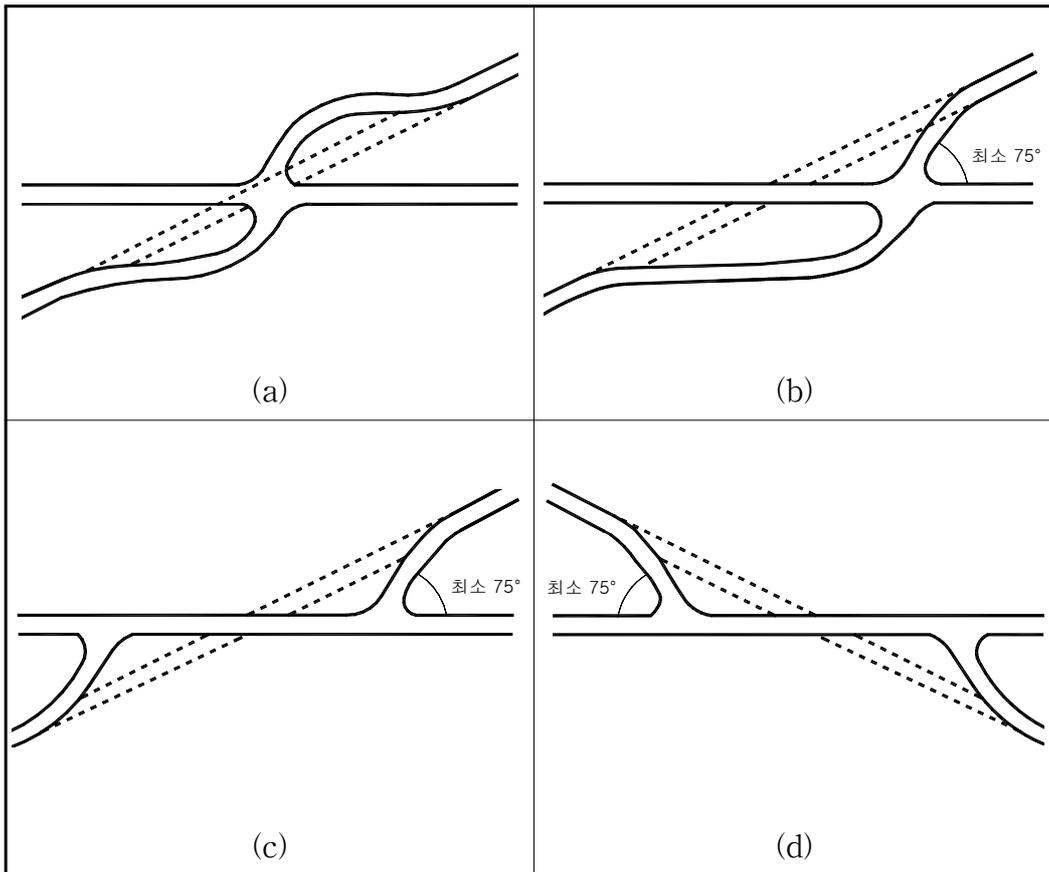
<그림 3.2> Y형 교차로의 개선 예

(2) 네갈래교차로

(a)와 (b)의 경우, 예각교차를 직각교차로 바꾸는 것은 바람직하지만 이로 인

해 부도로 자동차의 주행속도가 높아져서 주도로의 주행속도와 대등하게 되면 교통사고 발생의 원인이 되므로 주의하여야 한다.

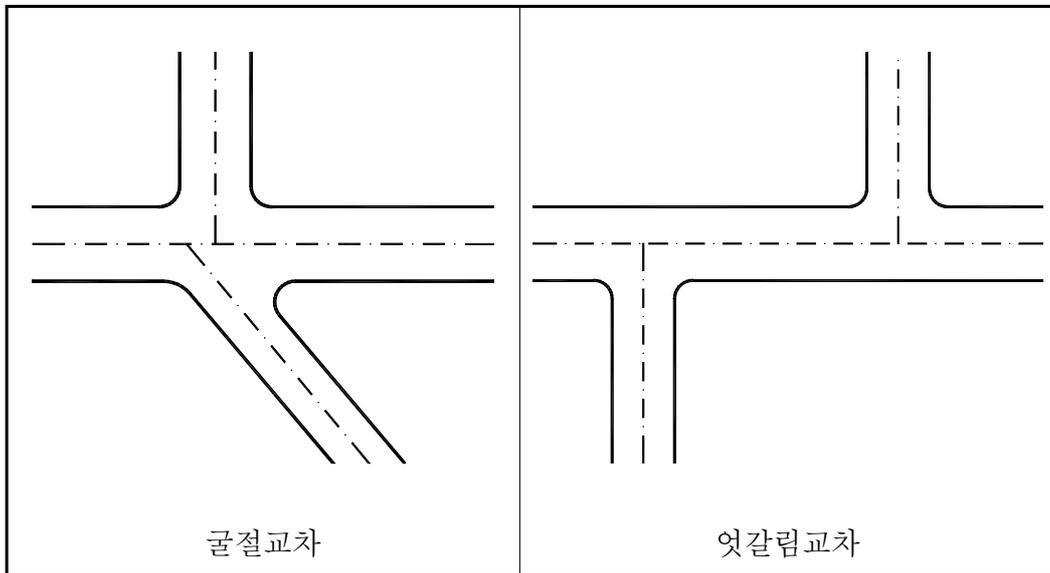
(c)와 (d)는 주도로와 교차하는 부도로를 교차부에서 분리시키는 방법으로써, 교차로간의 간격이 짧을 때에는 분리대를 설치하여 직진 또는 좌회전 교통을 차단하는 방안이 검토되어야 한다. 주도로에서 부도로로의 좌회전 교통이 많은 경우에 (c)형식은 중앙부에서 좌회전이 병합되므로 (d)형식이 좋은 설계가 된다. 한편, 부도로에서 주도로로의 좌회전 교통이 많은 경우에 (d)형식은 중앙부에서 좌회전이 병합되므로 (c)형식이 좋은 설계가 된다. 일반적인 경우에 부도로의 교통이 주도로에서 좌회전 대기를 피하도록 하여 주도로에의 악영향을 감소할 수 있는 (d)방식의 설계가 좋다.



<그림 3.3> 네갈래교차로의 개선 예

다. 변형교차 · 변칙교차

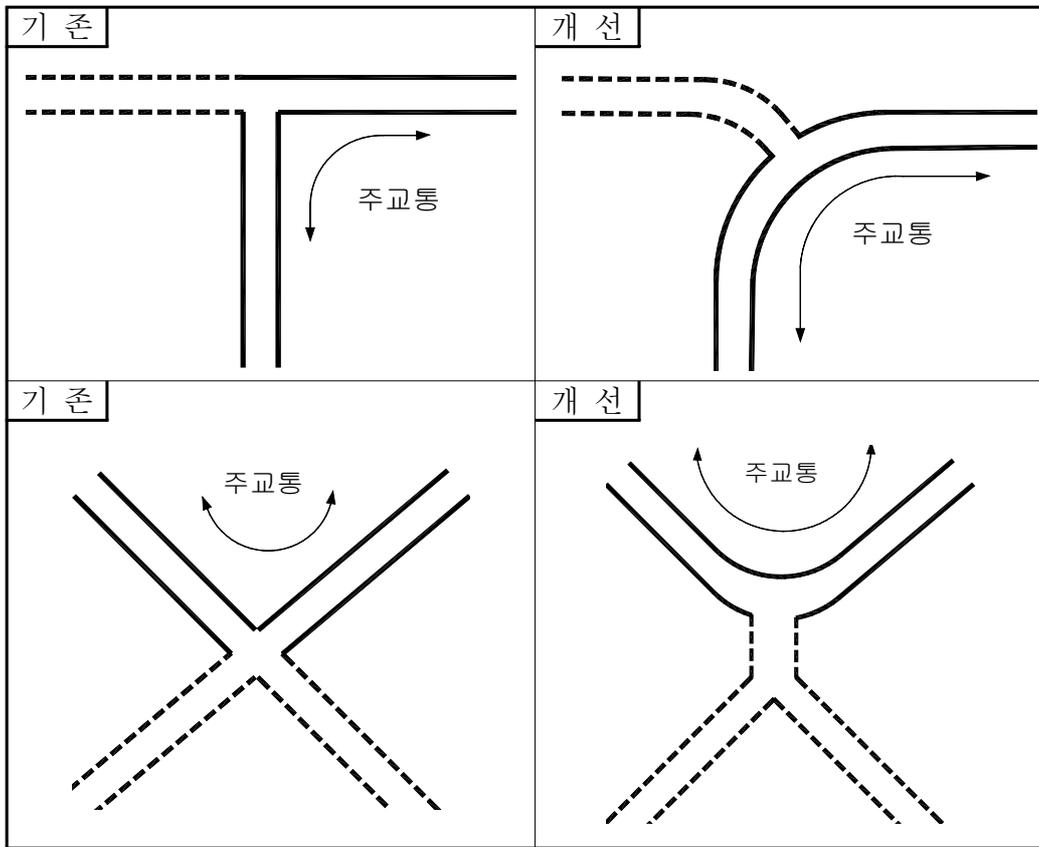
엇갈림교차나 굴절교차와 같은 변형교차로에서는 교통류가 복잡하게 교차하기 쉬우므로 교통처리 및 교통안전 측면에서 바람직한 형태는 아니다. 교통량이 많은 주도로가 직각으로 굽은 변칙교차(예로서, 신설된 도로가 기존의 교차로에 접속되는 경우와 같은 형태의 교차로에서 볼 수 있음)에 있어서도 교통처리나 안전상 문제가 많은 교차로가 되기 쉽다. 따라서 이와 같은 교차로는 가능한 한 주 교통을 고려하여 교차로의 형태를 변경한다.



<그림 3.4> 변형교차

주 교통이 좌회전이나 우회전으로 되어 있는 변칙교차로는 교차로의 교통처리능력 저하뿐만 아니라 운전자의 판단 잘못으로 인한 교통사고도 발생하기 쉽다. 이러한 교차로는 원칙적으로 주 교통의 진행방향을 명확하게 한다. 이를 위하여 주 교통이 이용하고 있는 도로의 선형을 개선하는 것이 교통처리상으로도 바람직하다. 선형 개선이 불가능한 경우는 주 교통 방향의 교통량에 맞추어 교차로 부근에서 차로수 증가와 녹색신호 시간의 충분한 배분을 고려해야 한다.

특히, 주 교통이 좌회전하게 되는 경우는 교차로 전방의 충분한 거리에 진행방향이 명확히 인지되도록 하는 표지를 설치하여 이용자가 당황하지 않게 해야 한다.



<그림 3.5> 도로선형의 개선

3.1.4 설계속도 및 선형

가. 교차로에서의 속도 변화

평면교차로가 일반 도로구간(단로부)과 가장 크게 다른 점은 주행하던 자동차가 교차로 유입부에서의 정지, 정지된 자동차의 출발 또는 감속하던 자동차의 가속 등 다양한 속도의 변화가 일어난다는 점이다. 이러한 속도 변화의 특성에 대해서 자세하게 분석하는 것은 교통소통과 안전뿐만 아니라 주행 쾌적성 면에서 매우 중요한 요소가 된다. 즉, 반복적인 정지와 출발을 하는 교차로에서 운전자가 어느 정도의 속도 또는 가속도의 변화에 순응할 것인가 하는 것은 매우 중요한 문제가 되기 때문이다.

이러한 속도의 변화는 낮은 속도에서는 큰 가속도의 변화를 보이며, 높은 속

도에서 작은 가속도의 변화를 보인다. 이러한 값들은 자동차성능에 따라 큰 변화를 보이며, 많은 자동차가 가속과 감속(제동)을 반복하는 장소에 적용하는 값으로는 그 값이 너무 크며 계산도 복잡하게 되므로 설계 시에는 감속을 위한 가속도 값을 $-2.0 \sim -3.0\text{m/초}^2$ 정도의 값을 사용하게 된다.

나. 설계속도와 선형

일반 도로구간에서 최소 곡선반경 적용시 중요한 사항은 자동차쾌적이지만 교차로 내에서 최소 곡선반경을 적용하기 위해서는 보행자의 영향, 교통섬의 기능, 교통관제시설, 도로폭 등을 복합적으로 고려하여야 하므로 교차로에서는 직선의 선형이 가장 바람직하다. 교차로에서 해당 도로의 설계속도는 원칙적으로 각 도로의 단로부 설계속도와 동일하다. 그러나 주도로와 부도로와의 우선권이 명확한 경우에는 부도로측의 교차로 설치부의 속도를 단로부보다 낮게 하는 것이 좋을 수도 있다. 이는 작은 교차각에서 높은 설계속도를 유지하며 교차시키는 것보다 설계속도를 떨어뜨려 설치부에 곡선을 삽입하고 교차각을 직각에 가깝도록 하는 것이 일반적으로 좋으며, 부가적 폭 구성요소가 필요한 경우가 대부분이므로 이들 요소를 만족시키기 위하여 교차로의 설계속도를 유지하는 것보다는 설계속도를 떨어뜨려도 필요한 요소를 갖추는 편이 일반적으로는 교통안전뿐만 아니라 경제적(용지) 측면에서도 바람직한 설계가 되기 때문이다.

또한 도로의 경제성과 운전자의 인지도 등을 고려할 때 운전자는 교차로 전방 또는 접근로에서 주행속도를 떨어뜨리는 것이 보통이고(단, 운전자가 교차로를 충분히 인지할 수 있는 경우) 접근로의 설계조건을 교차로에 그대로 적용하면 비경제적인 경우가 발생하기도 한다. 따라서 일반적인 도로구간에서 교차로 접속부분의 곡선반경에 대해서는 일반적인 도로구간에서 규정한 값보다 완화하는 것이 필요하다. 그러나 평면교차로 부근에서 단로부보다 낮은 설계속도를 사용하는 경우에 운전자가 교차로를 사전에 충분히 인지할 수 있도록 하는 조치를 취하여야 하며(시거 확보, 예고표지 등), 제반 설계요소를 만족시키기 위하여 설계속도를 낮추는 경우도 그 속도의 차가 너무 크면 접속설치부분에서 문제가 생겨 안전성을 해칠 수 있으므로 설계속도의 차가 크더라도 20km/시 이하로 제한해야 한다. 교차로 설치부와 단로부 사이의 접속설치부분(폭 변화

의 접속설치, 본선 차로의 변경, 곡선부의 완화구간과 시거 등)의 설계도 운전자도 자연스럽게 감속할 수 있도록 충분한 배려가 필요하다.

다. 종단선형

교차로 부근에서는 항상 시거가 충분히 확보되도록 해야 하며 정지선에서 정지하고 있는 자동차의 안전을 위하여 종단경사는 최대한 기준을 초과하지 않아야 한다. 일반적으로 종단경사가 3%를 넘게 되면 제동거리를 포함하여 도로설계에서 고려되었던 기준 값들이 현저히 달라지게 되나 운전자들은 이러한 상황을 피부로 느끼지 못하므로 위험을 내포하는 경우가 많다. 따라서 교차로에서는 종단경사를 3% 이내에서 유지하는 것이 바람직하다. 지형상황, 공사비 등으로 인해 개선이 곤란한 경우에도 종단경사는 6%를 넘지 않아야 하며 종단경사의 증가와 관련된 제반 설계기준이 조정되어야 한다.

또한 교차로에서의 종단경사 변화는 주도로를 그대로 두고 접속도로를 조정하는 것이 바람직하나 속도가 그다지 높지 않을 경우, 교차하는 두 도로의 횡단경사를 모두 평면으로 조정하여 교차시킬 수도 있다. 이때 교차로에서의 배수가 중요하며 정상적인 횡단경사에서 평면으로 변화하는 과정이 점진적으로 수행되어야 한다.

3.1.5 차로계획

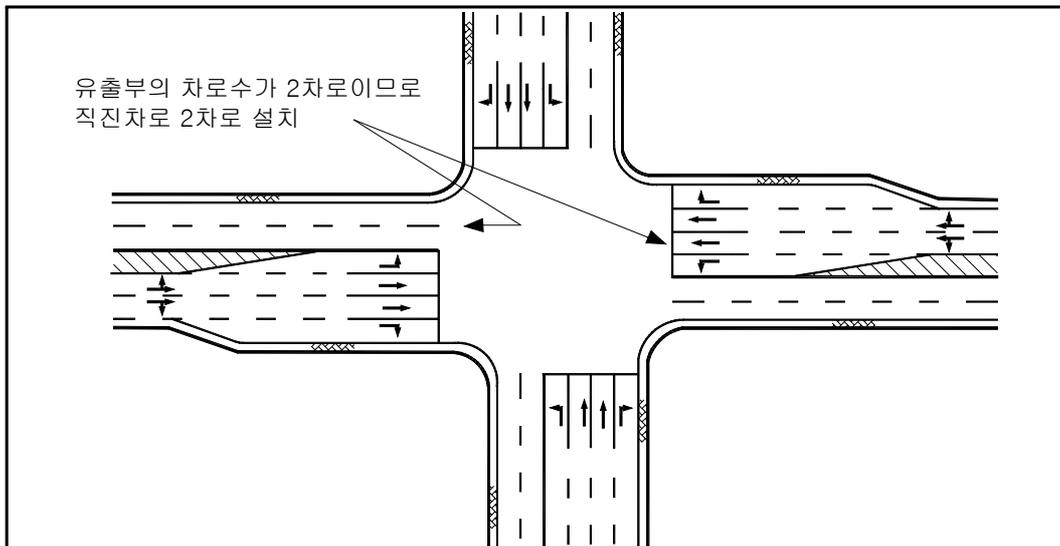
교차로에서는 좌·우회전 자동차가 직진 자동차의 통행을 방해하지 않도록 하는 것이 교통안전과 교통소통상 매우 중요하다. 특히, 고속주행일수록 회전자동차로 인한 사고는 많아지며 사고피해도 크게 되므로 직진차로를 침범하지 않게 회전할 수 있도록 한다. 이와 같이 좌·우회전 자동차가 본선에서 주행하는 직진 교통량에 미치는 영향을 최소화하기 위해서는 교차로에서 좌·우회전 차로를 확보하기 위한 확폭이 요구된다. 즉, 교차로에서의 차로수는 교차로로 접근하는 도로의 차로수보다 많아야 한다.

좌회전을 허용하는 교차로에서는 좌회전을 직진과 분리할 수 있도록 좌회전 차로를 설치하여야 하며, 우회전 교통량이 많아 직진 교통량에 미치는 영향이

32 평면교차로 설계 지침

클 때는 우회전 전용차로를 확보 운영한다. 이때 확폭이 요구되는 길이는 좌·우회전 교통량에 따라 다르나 속도 변화와 차로변경에 충분히 대응할 수 있는 길이를 적용하는 것이 합리적이다.

교차로에서는 한쪽방향 도로의 자동차가 진행하고 있는 동안에는 다른 방향 도로의 자동차는 운행이 불가능하며, 대기하고 있는 자동차가 정지상태에서 출발함으로써 발생하는 손실 등을 고려하면 도로의 일반구간에 비하여 그 용량이 매우 작아지게 된다. 예를 들어, 동일한 교통량을 갖는 2개의 도로가 교차하여 발생하는 네갈래교차로의 경우 회전교통류와 황색신호시간 등에 의한 영향을 무시한다고 가정하더라도, 교차로에서 단로부와 동일한 교통처리를 하기 위해서는 소요 차로 수가 두 배로 증가하게 된다. 즉, 한쪽방향 도로의 자동차가 진행하고 있는 동안 다른 방향 도로의 자동차는 대기하여야 하며, 대기한 자동차는 다음 대기 전까지 일시에 진행하기 위해 일반 자동차와 동일한 교통처리능력을 갖도록 하는 것은 곤란하므로 그 영향을 최소화시키는 것이 필요하다.



<그림 3.6> 평면교차로에서 차로수의 균형

유출부의 병목으로 인하여 직진 자동차나 회전자동차가 교차로 내에서 정지하면 후속의 진행자동차를 방해하게 된다. 그 결과로 교차로의 교통처리능력이 저하되고 교통정체가 생기거나 교통사고가 발생하게 된다. 따라서 유출부의 차

로수는 유입부의 차로수보다 크거나 같아야 한다. 즉, 교차로 유입부의 직진교통이 3차로 일 때 직진방향 유출부에서는 3개 이상의 차로수가 필요하다. 만일 2개의 좌회전 차로를 설치할 필요가 있는 경우, 좌회전 방향의 유출부는 2차로가 필요하고 그와 같은 차로수를 설치할 수 없으면 2차로의 좌회전 차로 계획을 하지 않는다.

3.2 평면교차로 설치간격과 위치

- 가. 평면교차로의 간격은 도로 기능상의 구분(역할, 위계), 교통량, 설계속도, 차로수, 회전차로의 접속 형태 등을 고려하여 결정한다.
- 나. 평면교차로는 도로의 평면선형이 직선부인 곳에 설치하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 지형상황 등으로 부득이하게 곡선부에 설치하는 경우에는 곡선부의 바깥쪽에 접속하는 것이 바람직하다.
- 다. 자동차가 교차로를 안전하고 신속하게 통과하기 위해서는 교차로 전방의 상당한 거리에서 교차로의 존재, 교통처리신호 등을 명확하게 인지할 수 있는 시거가 확보되도록 한다.

【해설】

3.2.1 평면교차로 설치 간격

기본적으로 교차로의 설치간격을 정의하는 것은 도로망을 어떻게 구성하는가에 대한 문제이며, 기존 도로망을 고려하여야 한다. 따라서 교차로의 최소간격을 확일적으로 정하는 것은 어려우며, 본 지침의 기본 사항에 충실하면서 기존의 도로 및 지역 여건을 고려하여 정한다.

교차로는 크게 교차하는 교통류의 허용에 따라서 교차로와 단순접속으로 분류한다. 즉, 중앙선을 횡단 또는 교차하지 않고 우회전 교통만 허용하는 것을 단순접속시설로 분류할 수 있다. 따라서 본 절에서는 일반적인 경우의 교차로

34 평면교차로 설계 지침

설치간격에 대하여 검토한 사항만을 총괄적으로 언급하기로 한다.

가. 배치간격

평면교차로간의 간격을 결정하기 위해서는 해당 도로 및 접속도로의 기능, 설계속도, 차로수, 접속형태 등을 고려한다. 교차로 간격이 짧으면 주변생활권에 접근성은 향상되나 교통이 빈번히 차단되므로 주행속도가 낮아지고 용량이 감소되어 교통정체를 일으키기 쉽고, 사고의 위험도 매우 커지게 된다. 따라서 일반적으로 평면교차의 간격은 교통의 원활한 처리를 위하여 되도록 크게 확보하는 것이 유리하다.

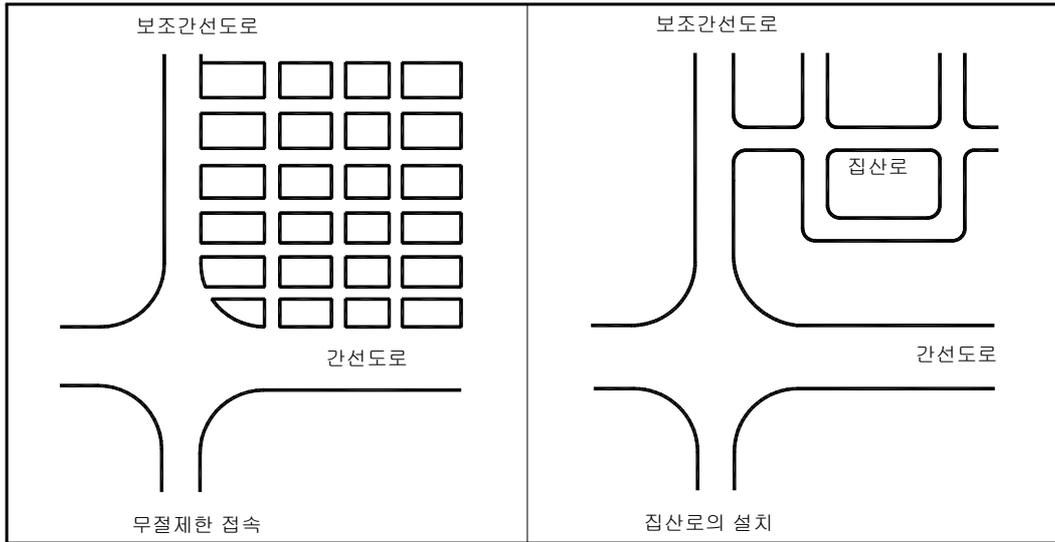
인접 교차로와의 간격이 불충분할 경우에 일방통행, 출입금지 등의 규제와 그것에 적합한 교차로 개선사업을 실시한다. 한편, 지방지역에서 신호교차로 간격이 지나치게 길거나, 시가지 가로망 구성 등에서 지나치게 긴 교차로 간격의 발생은 운전자가 신호교차로로서 운영되는 교통관제방법을 인식하지 못하고 주행속도를 너무 높게 하여 사고의 위험이 높고, 신호 연동화 등에 문제가 발생될 수 있는 점도 고려되어야 한다.

나. 평면교차로 설치 계획

교차로 간격과 관련하여 주도로의 계획시에 주의하여야 할 것은 기존 부(소) 도로와의 접속으로 인하여 발생하는 교차로의 처리로써, 일반적으로 다음과 같은 사항을 고려한다.

- ① 간선도로를 계획할 때에는 기존 도로망과의 교차로 인하여 발생하는 평면교차에 대해서 그 형태뿐만 아니라 교통소통과 안전의 영향을 함께 검토하여, 기존 교차로를 정리 통합하는 교차로 개선과 교통규제방법 등을 고려한다.
- ② 지역교통과 세가로망 계획을 위한 도로들은 먼저 보조간선도로와 접속시키거나 몇 개의 도로를 모아서 간선도로와 교차시킨다. 즉, 지역내 도로를 직접 간선도로에 접속하는 것보다는 몇 개의 도로를 모으는 집산도로를 설치하여 집산도로가 간선도로와 접속하도록 계획한다.
- ③ 도시 가로망의 계획이나 신설 도로의 계획 시 교차로간의 간격배치는 신

호등 운영에 의한 영향을 고려하여 그 간격을 규칙적으로 배치함으로써, 신호체계를 연동화시켜 교통이 차단되는 횡수를 줄여 교통소통, 교통안전 및 환경측면에서 유리하도록 한다.



<그림 3.7> 집산로 설치에 의한 방법

다. 교차로간의 최소 간격 검토

평면교차로 간의 최소간격은 차로 변경에 필요한 길이, 대기 자동차 및 회전 차로의 길이, 다음 교차로에 대한 인지성 확보 등을 고려하여 결정하여야 하므로 이에 대하여 다음과 같은 사항을 검토한다.

(1) 차로 변경에 필요한 길이

차로 변경에 필요한 길이에 따른 교차로 간격의 제약은 엇갈림이 생기는 경우에는 모두 존재한다. 주 교통량과 엇갈림 교통량이 적은 경우에는 사실상 큰 문제가 되지 않지만, 엇갈림 교통의 한쪽이 주 교통류인 경우에는 안전성 및 처리능력 측면에서 문제를 일으키게 되므로 이 점에 특히 유의하여 차로 변경 금지 등의 조치를 한다. 일반적으로 엇갈림 교통량이 적은 경우, 상세설계 전 개략적인 값을 검토하기 위하여 사용되는 교차로 간의 순간격은 다음의 값을 적용할 수 있다.

$$L = a \times V \times N$$

여기서, L : 교차로 간 순간격 (m)

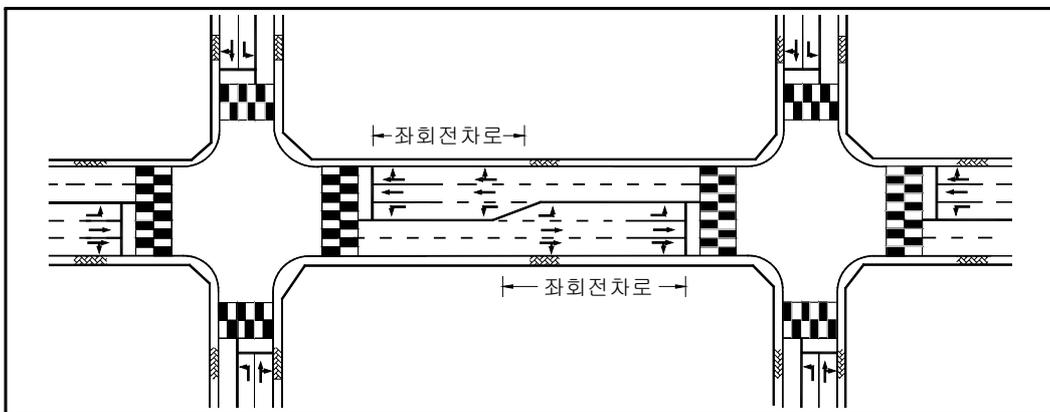
a : 상수(시가지부 1, 지방지역 2~3)

V : 설계속도 (km/시)

N : 설치 차로수

(2) 회전차로의 길이에 의한 제약

일반적으로 근접한 2개 교차로의 신호는 동시운영을 하는 경우가 많아 직진 교통류의 대기 자동차 길이로 인하여 교차로 간격을 제약하는 경우는 그다지 많지는 않지만, 좌회전 차로의 설치길이가 부족하여 교차로 간격이 제약되는 경우가 많으므로 유의한다. 특히 교차로가 신설되는 경우, 인접 교차로의 대기 자동차로 인하여 좌회전이 방해받게 되거나, 좌회전 차로 각각의 길이를 산정하여 합한 길이가 교차로간의 간격보다 긴 경우는 좌회전을 금지시키는 등의 교통관제 조치를 취한다.



<그림 3.8> 회전차로 길이에 의한 제약

(3) 다음 교차로에 대한 인지성 확보

교차로가 인접해 있으면 하나의 교차로를 통과하고 나서 순차적으로 주의력이 느슨해진 때에 다음 교차로에 이르거나, 다음 교차로에 대한 관찰이나 정보 수집을 충분히 행할 시간적 여유를 확보하지 않고 다음 교차로에 이르게 되는

경우 매우 위험하게 된다. 특히, 교차로가 많고 복잡할수록 이 영향은 크므로 그 간격에 유의한다.

(4) 국도의 교차로 간 적정 간격

국도의 노선계획·설계지침(건설교통부, 2002)과 국도 기능 분류 및 효율적 투자 방안연구에 관한 최종보고서(건설교통부, 1994)에 의하면, 국도의 기능 분류와 교차 간격 및 방법은 <표 3.1>과 같다.

<표 3.1> 국도상의 평면교차로 설치간격

구분	기능 구분	교차 방법
국도 I	2개도 이상에 걸쳐 주요도시를 연결하며, 통과교통 위주의 지역 간 간선기능을 갖는 국도로서 자동차전용도로, 국도대체우회도로, OD 조사 결과 통과교통량의 비율이 현저히 높은 국도	국도 I 과 다른 도로와의 연결은 입체교차를 원칙으로 하며, 지방도급 미만의 도로와의 연결은 가급적 피하여 교차로 수를 최소화한다. 다만, 지형여건 등으로 평면교차로 설치가 불가피한 경우 교차밀도는 0.3 개/km를 초과하지 않도록 적용
국도 II	2개도 이상의 주요도시를 연결하며, 통과교통 위주의 지역 간 간선기능을 갖는 국도이나 국도 I 에 비하여 통행 길이가 비교적 짧고 통행밀도도 비교적 높지 않은 국도, OD 조사 결과 통과교통량의 비율이 현저히 높으나, 관광 위락 단지로의 이동 및 접근성을 주기능으로 하는 국도	국도 II 와 다른 도로와의 연결은 입체교차와 평면교차를 교통량, 교통용량, 교차로 서비스 수준 등의 교통조건과 지역여건을 검토하여 결정하며, 평면교차로를 설치할 경우에는 교통소통능력 저하가 최소화 되도록 교차밀도는 0.5개/km를 초과하지 않도록 적용
국도 III	건설되었거나 현재 건설중인 또는 건설계획이 확정된 고속도로 노선과 인접하여 동일 방향의 교통을 담당하는 국도와 지역 간 간선기능이 약하여 주로 국도 I, 국도 II 를 보조하는 도로로서 통과교통량의 비율이 적은 국도	국도 III 과 국도 I · 국도 II 를 제외한 다른 도로와의 연결은 평면교차를 원칙으로 하며, 평면교차로 밀도는 1개/km를 초과하지 않도록 적용

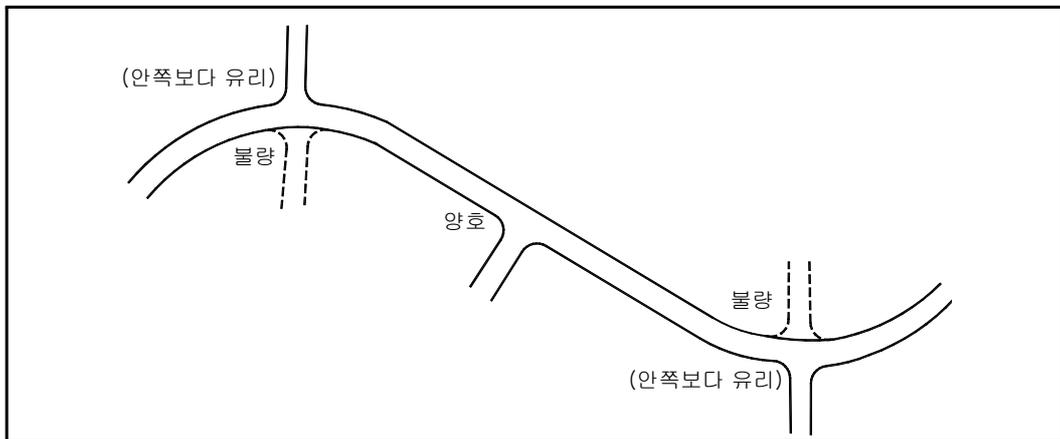
38 평면교차로 설계 지침

국도의 노선을 계획할 때에는 그 노선의 역할과 기능에 따라 국도 I, 국도 II, 국도 III으로 구분하며, 국도 I의 경우는 입체교차로시설을 원칙으로 하지만 지형 여건 등으로 불가피할 경우 평면교차로 설치간격을 3km 이상으로 한다. 국도 II의 경우는 평면교차로 설치간격을 2km 이상으로 하며, 국도 III의 경우는 평면교차로를 원칙으로 하며, 그 설치간격을 1km 이상으로 한다.

3.2.2 평면교차로 설치 위치

가. 평면선형을 고려한 설치위치

평면교차로는 가능한 한 평면선형상 직선부에 설치를 해야 하며, 부득이한 경우에 곡선부에 설치한다. 특히 곡선 내측 방향의 설치는 시거장애 등 위험요인이 발생하므로 설치하지 않는다. 다만, 지형 여건상 곡선부에 설치해야 할 경우에는 <그림 3.9>에서 보여주는 원칙을 따른다. 즉, 곡선부 안쪽으로 접속하게 되면 교차각이 작아지며 운전자가 교차로를 인지하기 어려워 사고의 위험성이 크게 되므로, 곡선부의 바깥쪽이 안쪽보다 유리하다.

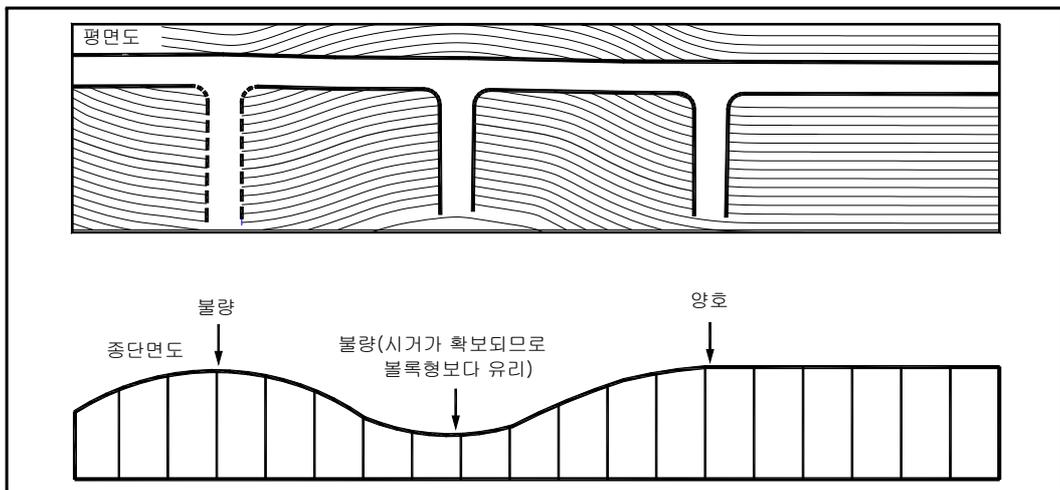


<그림 3.9> 평면선형을 고려한 평면교차로 설치

나. 종단선형을 고려한 설치위치

평면교차로는 본선상 종단선형의 급경사 구간 및 종단 곡선구간에는 설치하지

않도록 한다. 급경사 구간의 경우에는 정지 및 출발시 문제가 발생되며, 볼록형(凸) 종단곡선구간의 경우에 시거불량 등으로 인하여 위험하고, 오목형(凹) 종단곡선의 구간은 제동거리가 길어지며 배수문제가 발생되기 쉽다. 그러나 지형 상황 등으로 부득이한 경우에는 볼록형 종단곡선부에 설치하는 것보다는 <그림 3.10>과 같이 오목형 종단곡선부에 설치하는 것이 시거확보가 쉬우므로 사고 위험 측면에서 다소 유리하다.



<그림 3.10> 종단선형을 고려한 평면교차로 설치

3.2.3 평면교차로의 시거

교차로에서는 자동차간의 여러 가지 잠재적인 상충이 내재되어 있으며 실제로 발생하는 이러한 간섭과 상충의 가능성은 시거의 확보와 적절한 교통제어를 함으로써 상당히 감소될 수 있다. 또한 사고의 방지와 교통운영의 효율성은 개별 운전자의 판단과 운전능력에 따라 좌우된다.

만일 운전자가 전방에 있는 교차로의 존재를 인지하지 못하거나 교차로의 교통관제방법에 대하여 인식하지 못한다면 운전자는 주변상황에 대하여 대처하지 못함으로써 사고의 위험이 높게 될 뿐만 아니라 급제동 등에 의하여 주행의 불편감을 느끼게 될 것이다. 특히 교차로는 분류, 합류, 교차 및 보행자와의 상충

40 평면교차로 설계 지침

등이 매우 복잡할 뿐만 아니라 운전자의 의사결정 지점이 되므로, 운전자에게 사전에 충분한 정보를 제공함으로써 주변상황에 자연스럽게 대처토록 하는 것이 교통소통과 교통안전은 물론 쾌적성 확보에도 매우 중요하다.

따라서 교차로에서는 도로의 일반구간에서 반드시 확보되어야 하는 최소한의 정지시거는 물론 운전자가 의사결정 및 주변상황에 대하여 인지하고 판단할 동안, 주행하는 데 필요한 시거가 추가로 필요하게 된다. 즉, 운전자가 감지하기 어려운 정보나 예상치 못했던 환경의 인지, 잠재적 위험성의 인지, 적절한 속도와 주행경로의 선택, 선택한 경로의 대처에 필요한 시거가 필요하게 된다. 이러한 시거를 판단시거라 하기도 하나 이를 정지시거와 분리하여 별도로 구분하는 것은 다소 무리가 있으므로 정지시거와 판단시거를 함께 고려하여 평면교차로의 시거를 검토하기로 한다.

교차로의 시거 산정은 정지시거 산정과 다른 개념이 포함되어 있다. 일반적 정지시거의 산출은 통상적 운행특성이 아닌 돌발상황에 대비하기 위한 거리이므로 운전자의 주행 쾌적성보다는 도로건설의 경제성에 주안점을 두게 되나, 교차로에서는 반복적인 정지상태가 되므로 이를 고려하여 산정한다.

교차로에 접근하는 자동차가 안전하고 신속하게 교차로를 통과하기 위해서는 교차로 전방의 어느 일정거리에서 교차로의 존재 유무와 교통제어 상태를 명확하게 인식할 수 있어야 한다. 따라서 교차로 설치시 급한 평면곡선이나 종단곡선이 정점부에 위치시키는 것은 바람직하지 않으며, 이와 같은 경우 복합적인 위험상황을 발생시킬 수 있다.

비록 교차로 전방에서는 필요 시거가 확보된다 하더라도 복잡한 운행 특성을 갖는 교차로에 기하구조적으로 발생하는 물리적 특성을 추가하게 되면 예상치 못한 위험과 교통소통에 지장을 줄뿐만 아니라 교차로 내 및 통과 후의 상황에 대하여 예측하지 못하게 되므로 급한 평면 곡선구간이나 오르막 정점구간 등은 피한다. 부득이하게 이러한 지점에 교차로를 설치하여야 하는 경우에는 운전자가 교차로의 유무를 확인하고 상황에 대처할 수 있도록 예비신호 설치 등의 충분한 보완적 조치를 취해야 한다. 또한 교차로에 진입한 자동차는 교차하는 도로에서의 자동차 진입과 회전하는 방향의 도로상황 및 교통상황도 매우 중요하다. 즉, 교차도로를 횡단하거나 회전하는 경우에 모퉁이 지역의 건물, 담장, 나무 등으

로 인한 시거의 제약이 있다면 운전자는 다음 상황을 예측하지 못하게 되어 매우 위험한 상황이 발생할 수 있다. 따라서 교차로 내에 진입한 자동차는 교차로도의 상황을 인지하는 데 필요한 시거를 필요로 한다. 이는 일반적인 시거를 말할 때 사용되는 도로 중심선을 말하는 것이 아니라 교차하는 도로를 인지할 수 있는 범위가 되므로, 이를 교차로의 시계 또는 시거 삼각형이라 부르기도 한다. 본서에서는 교차로 내에서의 시거로 한다.

가. 시거의 산정

(1) 신호교차로

신호교차로의 경우, 교차로의 전방에서 신호가 인지될 수 있는 최소거리가 확보되어야 한다. 이 최소 거리를 최소시거라 하며, 운전자가 신호를 보고 나서부터 브레이크를 밟을 때까지 주행하는 거리와 브레이크를 밟아 정지선 전방에 정지하기까지 주행하는 거리를 합한 것이다.

신호를 보고 브레이크를 밟을 때까지의 시간에는 브레이크를 밟을 것인지의 여부를 판단하는 시간과, 브레이크를 밟아야 한다고 판단하고 나서부터 반응하기까지의 시간이 포함되어 있다. 본서에서는 경제적 측면을 고려하여 지방지역에서는 10초를 기준으로 하고, 도시지역에서는 교차로가 많고 신호의 존재를 어느 정도 인식하고 있으므로 반응시간이 지방지역보다 짧으므로 6초로 하였다.

신호를 인지하고나서 정지하기까지의 주행거리인 최소시거는 다음과 같이 나타낼 수 있다

$$S = \frac{V}{3.6} \times t + \frac{1}{2a} \times \left(\frac{V}{3.6} \right)^2$$

여기서,

S : 최소시거(m)

V : 설계속도(km/시)

a : 감속도(m/초²)

t : 판단 및 반응시간(초)

42 평면교차로 설계 지침

<표 3.2> 신호교차로의 최소시거

설계속도 (km/시)	최소시거(m)		비 고	
	지방지역 (t=10초, a=2.0m/초 ²)	도시지역 (t=6초, a=3.0m/초 ²)	주행속도 (km/시)	정지시거 (m)
20	65	40	20	20
30	100	65	30	30
40	145	90	36	40
50	190	120	45	55
60	240	150	54	75
70	290	180	63	95
80	350	220	68	110

※ 정지시거는 단로부의 경우로서 일률적으로 설계속도를 적용하는 대신 도로노면 상태에 따른 주행속도를 적용하며, 노면습윤상태일 때의 주행속도는 설계속도 120~80km/시일 때 설계속도의 85%, 설계속도 70~40km/시일 때 설계속도의 90%, 설계속도 30km/시 이하일 때 설계속도와 같다고 보고 계산함(도로설계기준, 2003)

그러나 주변상황 등으로 상기의 거리 이상을 충분히 확보하기 곤란한 경우에는 상기 거리의 지점에서 운전자가 교차로임을 충분히 인지할 수 있도록 보조신호등 및 교통안내시설물을 설치하여 주행의 안전성 및 쾌적성을 확보해야 한다.

(2) 비신호교차로

교차로가 신호로 통제되지 않는 비신호 교차로의 경우에는 교차도로의 주도로와 부도로를 명확히 하고 부도로에는 교차로 전방에 일시정지표지를 설치하는 것이 안전하다. 이러한 일시정지표지 교차로에서도 운전자가 인지하고 나서부터 불쾌감을 느끼지 않을 정도로 브레이크를 밟아 교차로 전방에 정지할 수 있는 거리에서 운전자가 일시정지표지를 볼 수 있어야 하는 것은 신호교차로의 경우와 마찬가지로이다. 다만, 이 경우는 신호의 경우와 달리 판단하기 위한 시간은 불필요하므로 일시정지표지를 확인한 후 바로 브레이크를 밟기 시작한다고 생각해도 무방하다.

일시정지표지를 인지한 운전자가 브레이크를 밟기까지의 시간은 운전자에 따라 다르겠지만, 2.5초를 기본적인 반응시간 t 로 하고, 이때 불쾌감을 주지

않을 정도의 감속도 $a=2\text{m/초}^2$ 를 적용하면, 설계속도별 최소시거는 <표 3.3>과 같다.

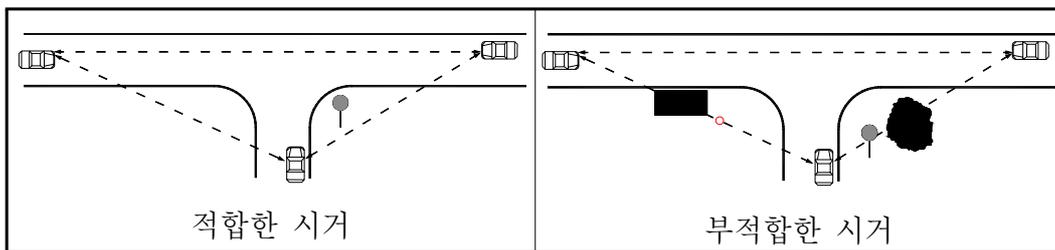
<표 3.3> 비신호교차로의 최소시거

설계속도(km/시)	20	30	40	50	60
최소 거리(m)	25	40	60	85	115

한편, 주도로에 대하여 운전자는 항상 교차로의 존재를 염두에 두지 않고 주행할 수 있으므로 교차로가 있다 하더라도 단로부와 마찬가지로 생각하게 되므로 본선 설계에서 규정하고 있는 정지시거가 확보되고 있으면 충분하나, 부도로보다 일반적으로 주행속도가 높고 운전자가 교차로 상황에 대하여 충분한 인지가 필요할 것으로 판단되어 최소값을 상기의 값과 동일하게 적용한다.

나. 교차로 내에서의 시거

신호교차로에서는 자동차들이 신호에 따라 주행하게 되므로 교통이 원활하게 처리되어 큰 문제가 되지 않지만, 비신호교차로에서 여러 방향의 접근자동차들이 충돌 없이 교차로를 통과하기 위해서는 모든 자동차의 운전자가 타 자동차의 위치 및 속도를 파악할 수 있도록 충분한 시거가 확보되어야 한다. 이러한 시거 산출은 <그림 3.12>에서 도시한 것과 같은 시거 삼각형을 작성하여 검토한다.



<그림 3.11> 교차로 내에서의 시거

비신호교차로에 접근하는 자동차의 운전자는 교차로에 이르기 전에 교차대상이 되는 자동차를 인지할 수 있는 충분한 시간을 가져야 한다. 운전자가 교차

44 평면교차로 설계 지침

하는 도로에서 자동차가 접근하는 것을 처음 볼 수 있는 지점의 위치는 인지반응시간(2초)과 속도를 조절하는 데 걸리는 시간(1초)을 합해 총 3초 동안 이동한 거리로 가정하여 사용되고 있다.

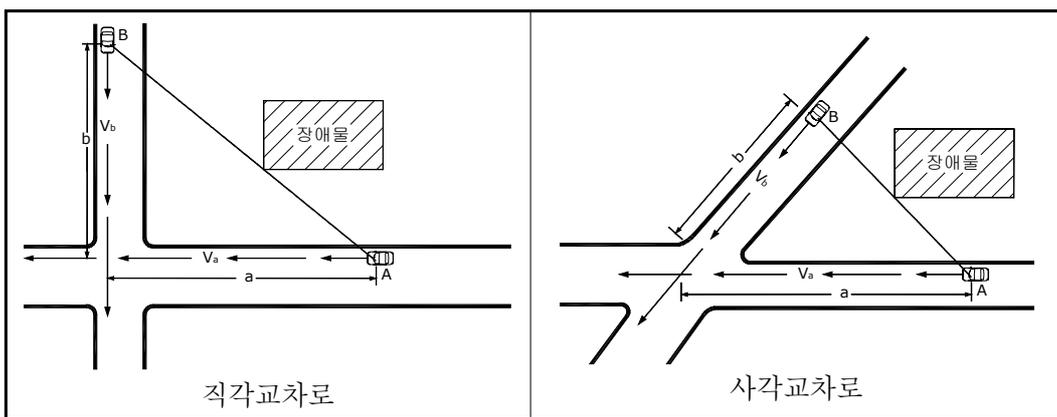
<표 3.4> 자동차가 3초 동안 이동한 평균 거리

속도(km/시)	20	30	40	50	60	70	80
거리(m)	20	25	35	40	50	60	65

• 3초동안 이동한 거리(m) : $a=V_a/1.2$, $b=V_b/1.2$

그러나 교차로가 앞에서 제시한 시거 삼각형을 만족하도록 설계되어 있다고 하더라도 충분히 안전하다고 할 수는 없는데 이는 B도로에서 서로 다른 운행 속도를 가진 자동차가 연속해서 교차로로 접근해 올 경우, A도로를 운행하는 운전자는 혼란의 소지가 있으며, 앞에서 제시된 내용들은 모든 접근로에 대하여 단차가 없는 평지부를 기본 가정으로 하고 있어 접속도로와 본선상의 단차가 있는 경우 시거 삼각형이 달라질 수 있기 때문이다.

즉, 교차로를 통행하는 운전자들은 교차로에서 벌어지는 상황을 파악하여 대처할 수 있도록 최소 정지시거가 확보되어야 하며, 이를 위해서는 시거 삼각형 내의 장애물이 없도록 한다.



• V_a 와 V_b : 접근설계속도(km/시)

• a 와 b : 접근 거리(m)

<그림 3.12> 시거 삼각형

3.3 평면교차로의 구성요소별 설계 지침

- 가. 회전차로 또는 변속차로를 설치하는 경우에는 도로의 설계속도에 따라 변이구간(테이퍼)을 설치한다.
- 나. 도류로의 설계시 그 교차로의 형태, 교차각, 속도, 교통량 등을 고려하여 회전반경, 폭, 합류각, 위치 등을 결정한다.
- 다. 교통섬은 자동차의 주행로를 분명히 설정해 주고 교통흐름을 분리하며, 위험한 교통흐름을 억제하고, 보행자를 보호하거나 교통관제시설을 설치할 수 있는 공간을 확보해야 한다.

【해설】

3.3.1 좌회전 차로

가. 개요

교차로에서 좌회전 자동차가 정지하고 있을 경우 직진하고자 하는 후속 자동차는 좌회전 대기 자동차를 피해 진로를 변경해야만 하고, 이에 따라 교차로의 처리능력이 저하되어 교통정체가 발생될 뿐만 아니라 교통사고 위험이 매우 커진다. 이와 같이 좌회전 자동차의 영향을 제거하기 위한 기본적인 접근방식은 좌회전 자동차와 직진 자동차를 분리하는 것이며, 구체적으로는 좌회전 차로를 직진차로와 분리하여 설치하는 것이다. 즉, 좌회전 차로는 직진차로와는 독립적으로 설치해야 하며 좌회전 차로에 들어가기 위한 충분한 시간적, 공간적 여유를 확보해 주어야 한다.

이러한 좌회전 차로는 좌회전 교통류를 다른 교통류와 분리시킴으로써 평면교차로의 운영에 중요한 역할을 하는 좌회전 교통류에 의한 영향을 최소화시킬 수 있으며, 좌회전 자동차가 대기할 수 있는 공간을 확보함으로써 교통신호 운영의 적정성을 꾀할 수 있게 한다. 또한 좌회전 교통류의 감속을 원만하게 하며 추돌사고를 줄이는 효과를 갖게 된다.

나. 설치원리

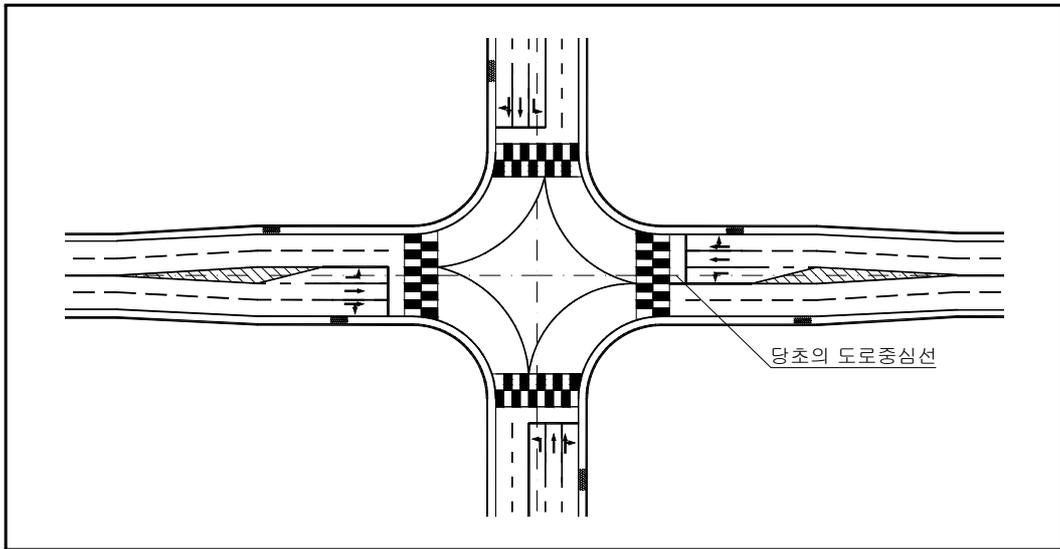
(1) 직진 자동차가 그대로 좌회전 차로에 진입하지 않도록 한다.

내측차로(중앙측의 차로)로 주행하여 교차로를 통과하려는 자동차가 그대로 좌회전 차로로 진입하도록 설치하여서는 안 된다. 이와 같이 좌회전 차로로 설치하게 되면 직진 자동차에서 차로변경을 강요하게 되므로 인접차로를 주행하는 자동차를 방해하여 사고의 위험이 매우 높게 되며 교통류를 혼란케 한다. 즉, 좌회전 차로는 다른 차로와 독립된 부가차로로 설치하며, 이를 위한 기본은 직진 자동차가 차로변경을 하는 일이 없이 교차로를 통과하고 동시에 좌회전 자동차는 차로변경을 통해 좌회전 차로에 진입하도록 설계하는 것이다.

다만 좌회전 교통이 주 교통류이고 직진교통이 부 교통류인 교차로에서 2차로 이상의 좌회전 차로를 설치할 필요가 있는 경우에는 좌회전 차로를 상기와 같이 설계하는 것이 비현실적이다. 이러한 경우에는 교차로 전방의 충분한 거리에서 차로마다 방향을 표시하는 안내표지 또는 노면표시를 설치하여 운전자에게 자신이 운행하는 차로가 어느 방향으로 가는지를 사전에 충분히 안내하여 자신의 주행경로에 맞는 차로를 선택할 수 있도록 한다.

(2) 도로폭을 최대한 유효하게 이용한다.

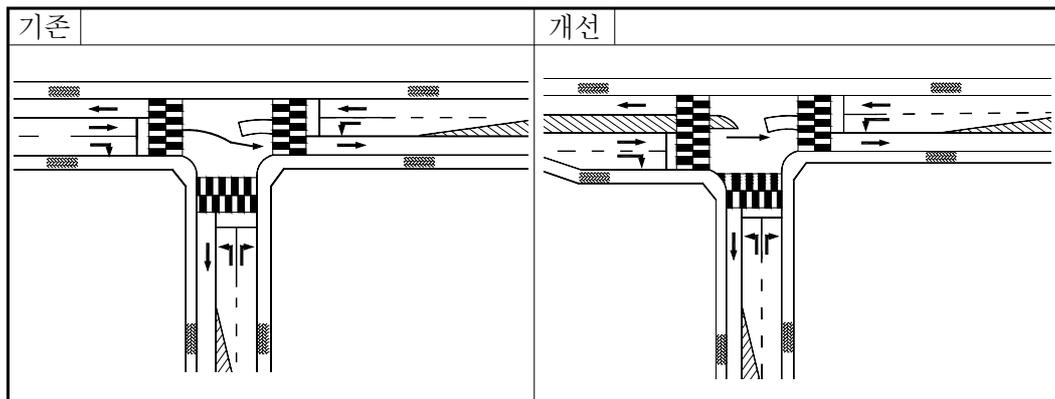
좌회전 차로를 설치하는 경우에는 먼저 기존의 도로폭을 가급적 유효하게 이용하여 좌회전 차로의 폭을 확보하는 것이 중요하다. 일반적으로 <그림 3.13>과 같이 교차로 유입부의 중앙선을 좌측으로 옮기고 좌회전 차로의 폭을 확보한다. 이때에는 유입부의 차로폭을 축소하는 것이 되지만 아울러 유출부의 차로폭을 축소하는 것도 검토하면서 필요한 좌회전 차로의 폭을 확보하도록 한다. 좌회전 차로를 설치할 경우에는 사선표시 부분의 설계가 불가피하다. 이 표시는 좌회전 자동차를 차로 변경시켜 좌회전 차로로 유도함으로써 직진 자동차를 차로변경 없이 직진차로로 유도하는 기능을 가지고 있다. 중앙분리대에 좌회전 차로의 필요폭에 해당하는 폭이 있을 경우에는 중앙분리대를 제거하여 좌회전 차로의 폭을 확보한다.



<그림 3.13> 차로 중앙선의 변경

(3) 파행적으로 진행하기 쉬운 차로 배치를 하지 않도록 한다.

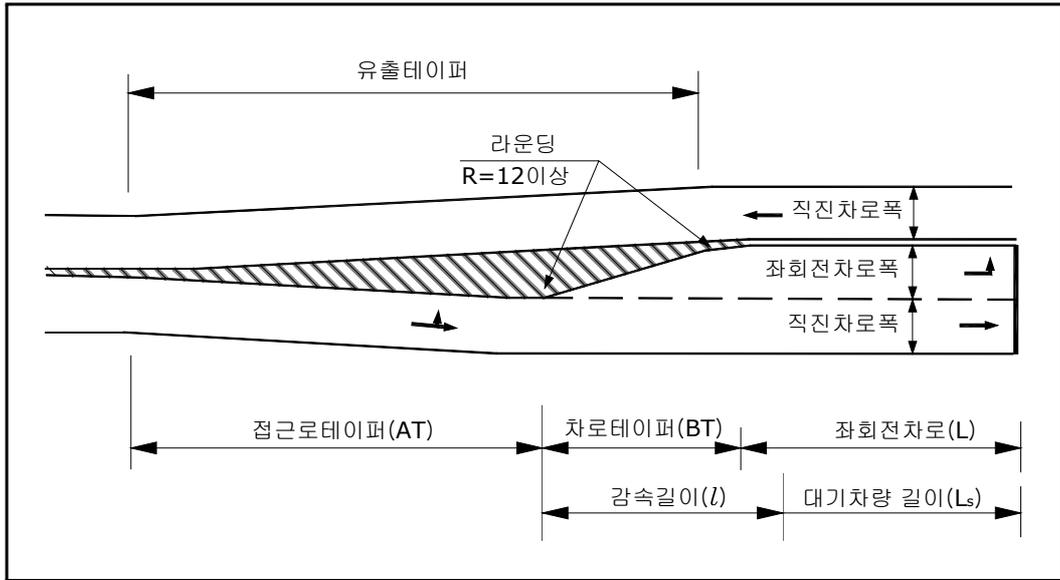
교차로 내를 자동차가 통과할 때에는 자연스러운 주행궤적을 가지고 통과할 수 있도록 차로를 배치하는 일이 중요하다. <그림 3.14>의 T형 교차로와 같은 차로 배치를 하면 직진 자동차가 교차로 내에는 파행적으로 진행하지 않을 수 없는 문제가 생긴다. 이러한 경우에는 직진 자동차가 파행적으로 진행하지 않도록 차로 배치가 중요하다.



<그림 3.14> 파행적인 진행금지

다. 세부 설치기준

좌회전 차로 설계요소로는 차로폭, 접근로 테이퍼, 차로 테이퍼, 유출테이퍼, 좌회전차로 등으로 구성되며 그 세부사항은 <그림 3.15>와 같다.



<그림 3.15> 좌회전 차로의 구성

(1) 차로폭

교차로에서 안전한 주행을 확보하기 위해서는 일반적으로 단로부에 비하여 전체 폭이 넓어져야 하지만, 차로폭을 단로부 폭보다 줄임으로써 최소한의 추가 확폭을 통하여 효율적인 교차로 계획을 유도한다. 직진차로에 대해서는 원칙적으로 접속 유입부의 차로폭과 같은 폭으로 하는 것이 원칙이나, 교차로에서 전체 폭의 증가를 최대한 억제하기 위하여 부가차로를 설치하는 경우에는 직진차로폭을 25cm 정도 축소하는 것이 가능하며, 용지 등의 제약이 심한 경우는 차로폭을 3.0m까지 축소할 수 있다. 좌회전 차로의 폭은 3.0m 이상을 표준으로 하지만 우회전 차로는 대기차로의 성격을 가지고 있고, 또 이 차로를 이용하는 자동차의 주행속도도 낮으므로 대형자동차의 구성비가 작고 용지 등의 제약이 심한 기존 교차로의 개선인 경우에는 2.75m까지 축소할 수 있다.

(2) 접근로 테이퍼

좌회전 차로를 설치하기 위한 접근로 테이퍼는 교차로로 접근하는 교통류를 우측 방향으로 유도하여 직진 자동차들이 자연스러운 진행을 하도록 하며, 좌회전 차로를 설치할 수 있는 공간을 확보하기 위한 것이다. 따라서 접근로 테이퍼의 설치는 선형의 문제로 보는 것이 타당하며, 가장 바람직한 방법은 자연스러운 선형을 유지하는 것이다.

따라서 폭이 넓은 중앙분리대를 이용하여 좌회전 차로를 설치하는 경우는 접근로 테이퍼 자체가 필요 없다.

접근로 테이퍼의 설치는 우측으로 평행이동되는 값에 대한 거리의 비율이 되며, 이는 운전자가 교차로를 인지하고 우측으로 선형을 이동하는 동안의 주행으로 볼 수 있다. <표 3.5>는 접근로 테이퍼의 최소 설치기준을 나타낸 것이다.

<표 3.5> 접근로 테이퍼의 최소 설치기준

설계속도(km/시)		30	40	50	60	70	80
테이퍼 율	기준값	1/20	1/30	1/35	1/40	1/50	1/55
	최소값	1/8	1/10	1/15	1/20	1/20	1/25

좌회전 차로를 위한 접근로 테이퍼의 길이를 지나치게 길게 하면 운전자에게 혼선을 초래하는 경우가 있으므로 주의하여야 하며 종단선형상의 문제로서 블록형 종단곡선부에서 운전자가 좌회전 차로를 인식하지 못하는 경우에 특히 주의를 한다.

<그림 3.16>과 같이 블록형 종단곡선부에서 테이퍼가 설치되는 경우, 그 시점을 종단곡선부의 시점까지로 연장하여 운전자가 전방에 교차로가 있는 것을 사전에 인지하고 자연스러운 운영을 하도록 하는 것이 교통안전에 매우 중요하다.

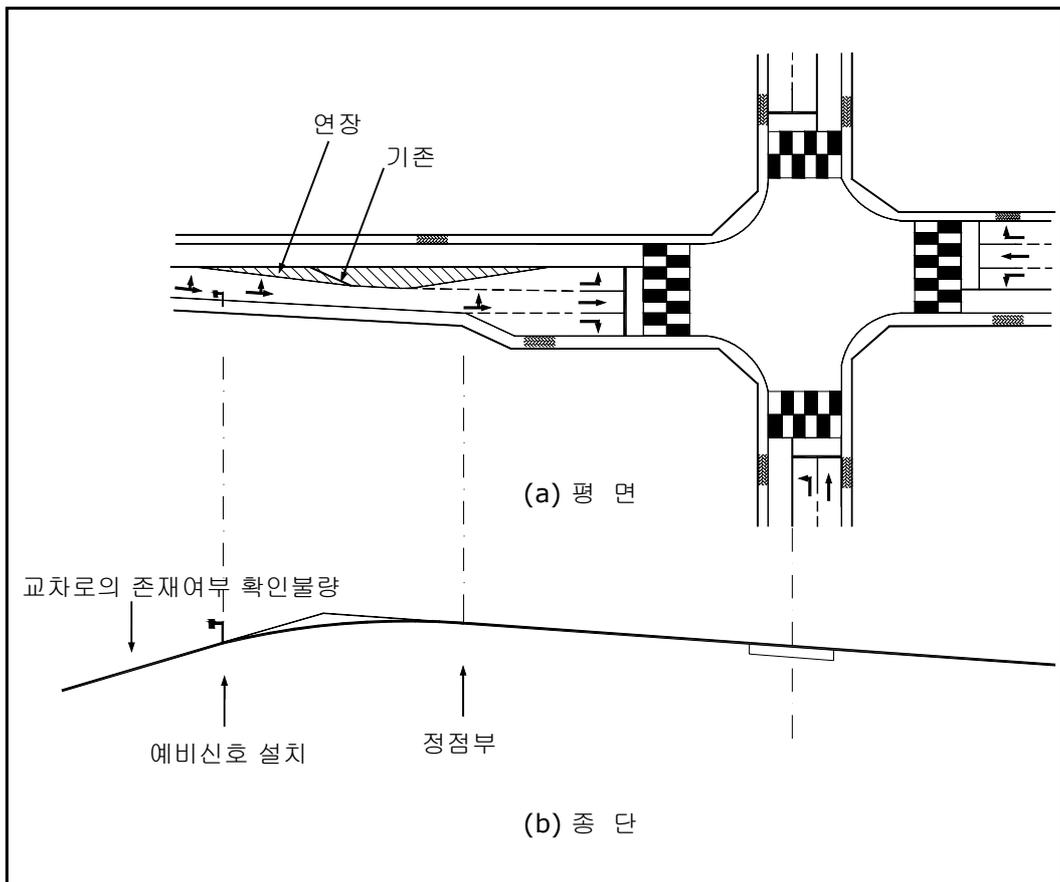
(3) 차로 테이퍼(Bay Taper)

차로 테이퍼는 좌회전 교통류를 직진차로에서 좌회전 차로로 유도하는 기능

50 평면교차로 설계 지침

을 갖는다. 차로 테이퍼의 설치시 좌회전 자동차가 좌회전 차로로 진입할 때 갑작스러운 차로변경이나 무리한 감속을 유발하지 않도록 해야 하며, 테이퍼가 너무 완만하여 운전자들이 직진차로와 혼동하지 않도록 해야 한다.

이러한 차로 테이퍼의 길이도 자동차의 운행이 관련된 선형의 문제이지만 포장면에 차선 도색으로 표현되는 구간으로 여유폭이 확보되므로 편의도모를 위하여 폭에 대한 길이의 변화비율로 사용키로 하였으며, 그 최소비율은 폭과 길이의 비율을 설계속도 50km/시 이하에서는 1 : 8, 설계속도 60km/시 이상에서는 1 : 15를 사용 한다. 다만, 시가지 등에서 용지폭의 제약이 심한 경우에는 그 값을 1 : 4까지 사용할 수 있다.



<그림 3.16> 교차로에서 시거를 고려한 접근로 테이퍼 설치

(4) 좌회전 차로의 길이

좌회전 차로의 길이 산정은 좌회전 차로의 설치 요소 중 가장 중요한 사항으로 그 길이의 산정 기초는 감속을 하는 길이와 자동차의 대기공간이 확보되도록 하는 것이다. 특히 속도가 높은 도로에서의 감속을 위한 거리가 짧으면 갑작스러운 제동으로 인해 후속 자동차의 추돌이나 직진 자동차에 영향을 줄 수 있다.

$$L_d = l - T$$

여기서,

L_d : 좌회전 차로의 감속을 위한 길이(m)

l : 감속길이(m), <표 3.6> 참조

T : 차로테이퍼 길이(m)

이때, 감속길이(l)는 $l = 1/2a \times (V/3.6)^2$ 식으로 계산된다. 여기서 V 는 설계 속도(km/시), a 는 감가속도 값으로 $a = 2.0\text{m}/\text{초}^2$ 정도를 기준으로 설계하는 것이 바람직하다. 그러나 시가지 지역 등에서는 운전자가 좌회전 차로를 인지하기 용이하며 용지 등의 제약이 발생될 경우가 있으므로, 이 경우는 $a = 3.0\text{m}/\text{초}^2$ 까지 사용하는 것이 가능하다.

<표 3.6> 좌회전 차로 길이 산정시 감속길이(l)

설계속도(km/시)	30	40	50	60	70	80	비 고
기준치(m)	20	30	50	70	95	125	$a = 2.0\text{m}/\text{초}^2$
최소치(m)	15	20	35	45	65	80	$a = 3.0\text{m}/\text{초}^2$

대기 자동차를 위한 길이는 감속을 위한 길이보다 더 중요한 문제로서 만일 이 값이 적으면 대기 자동차로 인한 직진 자동차의 방해로 교통사고의 위험증대와 함께 해당 교차로는 물론 노선 전체 교통정체의 요인이 된다.

52 평면교차로 설계 지침

좌회전 차로의 대기 자동차를 위한 길이는 비신호 교차로의 경우 침두시간 평균 2분간 도착하는 좌회전 차로의 대기 자동차를 기준으로 하며, 그 값이 1대 미만의 경우에도 최소 2대의 자동차가 대기할 공간은 확보되어야 한다.

신호교차로의 경우 자동차 길이는 대부분 정확한 대형차 혼입률 산정이 곤란할 때 그 값을 7.0m(대형차 혼입률 15%로 가정)하여 계산하되, 화물차 진출입이 많은 지역에서는 그 비율을 산정하여 승용차는 6.0m 화물차는 12m로 하여 길이를 산정한다. 대형차 혼입률에 따른 자동차 길이는 <표 3.7>과 같다.

$$L_s = 1.5 \times N \times S$$

여기서,

L_s : 좌회전 대기차로의 길이

N : 좌회전 자동차의 수(신호 1주기당 또는 비신호 2분간 도착하는 좌회전 자동차)

S : 대기하는 자동차의 길이 ($S = 7.0m$)

이상, 신호교차로의 경우 좌회전 차로의 최소길이(L)는 대기를 위한 길이(L_s)와 감속을 위한 길이(L_d)의 합으로 다음 식에 의하여 구한다. 한편, 이렇게 산출된 거리도 최소한 신호 1주기당 또는 비신호 1분간 도착하는 좌회전 자동차 수에 두 배를 한 값보다 길어야 한다.

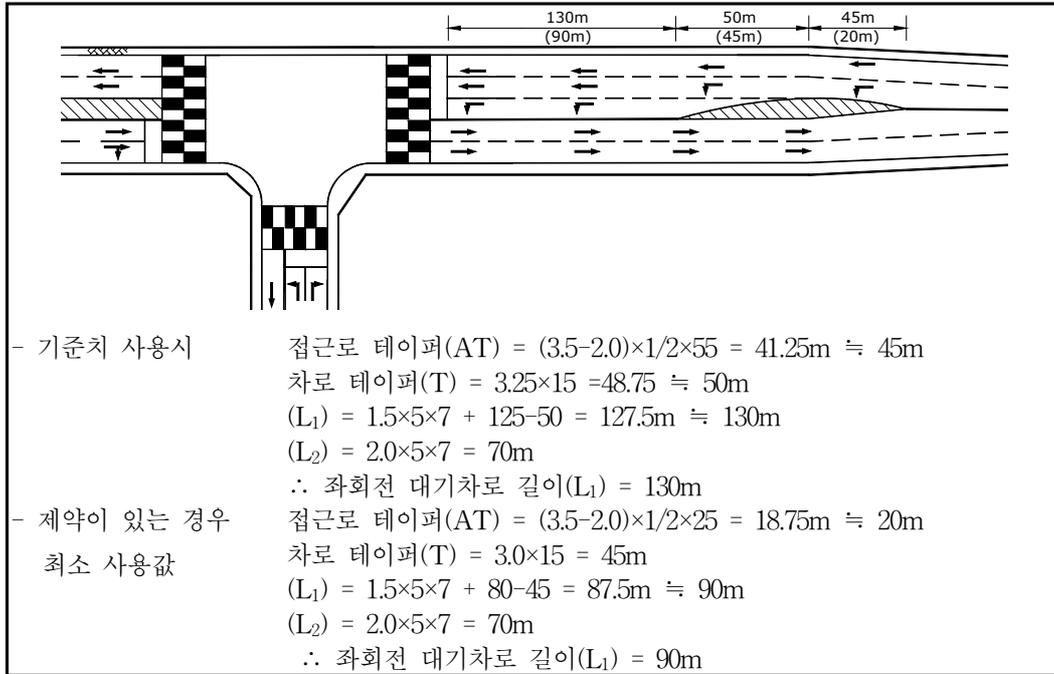
$$L = L_s + L_d = (1.5 \times N \times S) + (l - T) \quad (\text{단, } L \geq 2.0 \times N \times S)$$

<표 3.7> 대형차 혼입률에 따른 조정 평균 자동차 길이

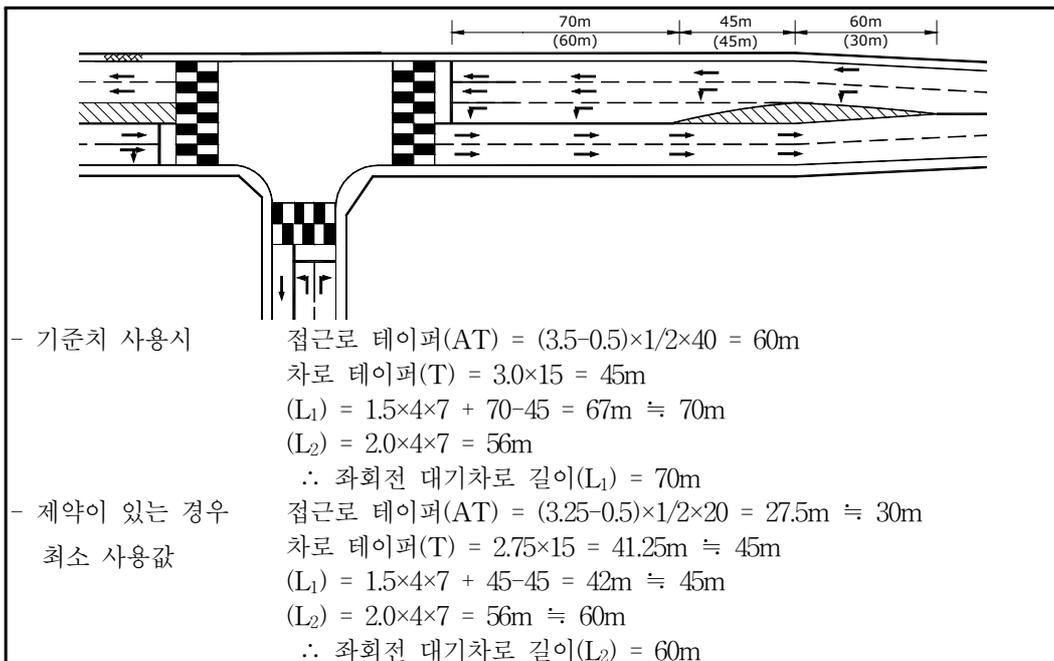
대형차 혼입률(%)	평균 자동차 길이(m)
5% 이하	6.0
15%	7.0
30%	7.8
50%	9.0

(5) 신호교차로 좌회전 차로 길이 설치 예

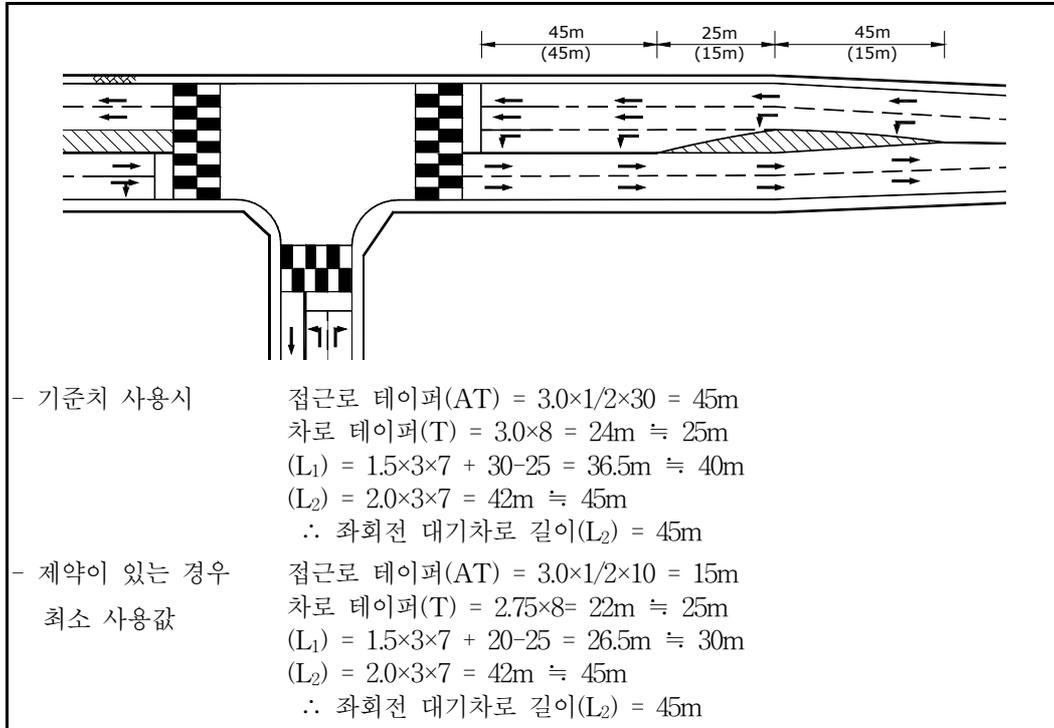
① V=80km/h일 경우 (중앙분리대폭 : 2.0m, 좌회전 자동차 : 5대)



② V=60km/h일 경우(중앙분리대폭 : 0.5m, 좌회전 자동차 4대)



③ V=40km/h일 경우(좌회전 자동차 : 3대)



3.3.2 도류로 및 변속차로

도류로의 설치는 그 교차로의 형태, 교차각, 속도, 교통량 등을 고려하여 적절한 회전반경, 폭, 합류각, 위치 등을 결정하는 것이 중요하다. 독립된 도류로를 설치하는 것은 방향이나 속도가 다른 교통을 분리함으로써 교통흐름의 혼란을 감소시키는 효과를 가지며 또한 회전반경, 합류각을 조정할 수 있으므로 안전하게 자동차를 통과시킬 수 있게 된다.

좌회전차로와 같이 교통섬으로 분리되지 않은 도류로의 경우에도 중앙분리대의 형태 및 개구부 치수를 도류로와 같이 설계함으로써 교통의 흐름을 조절하여 위험한 경로를 통과하지 않게 할 수가 있다. 즉, 어느 도류로에 대해서나 그곳을 통과하는 자동차의 속도, 교통량, 교통관제조건, 보행자 등의 각종 조건을 충분히 검토하여 도류로를 결정한다.

도류로의 형태를 결정하는 요소로서는 이용할 수 있는 용지폭, 교차로의 형

태, 설계기준자동차, 설계속도 등이 고려된다. 도시지역에서는 일반적으로 교통량은 많은 반면, 자동차의 주행속도가 그다지 높지 않고 이용 가능한 용지가 제한되어 있는 경우가 많으므로 용지 및 교통량에 의하여 도류로의 형태가 결정된다. 지방지역에서는 자동차의 속도가 높고 용지의 취득이 비교적 용이하므로 도류로의 형태를 속도에 맞추어서 설계한다.

도류로의 배치는 교통흐름이 원활하게 되도록 설계해야 하며, 도시지역에서는 다른 제약조건을 종합적으로 충분히 검토하여 결정해야 한다. 교차로의 크기를 좁게 하기 위해서나, 합리적인 교통흐름을 유도하기 위해서도 도류로는 될 수 있는 한 집중시키는 것이 좋다. 즉, 도류로의 배치는 교통량, 규제방법, 보행자 등을 고려하여 소통에 지장이 없도록 한다.

가. 도류로의 곡선반경

좌회전 차로의 경우 교차각이나 차도의 폭 등에 따라 곡선반경이 자연스럽게 결정되며 교차각이 90도에 가까울 경우 도류로의 평면곡선반경을 15~30m 정도로 설계하면 무리가 없다. 평면곡선반경이 작은 경우에는 대기 자동차와 접촉할 수 있으므로, 운전자의 주행궤적을 명확하게 하기 위해서 유도차로를 함께 설치하는 것이 바람직하다.

우회전 도류로는 교차로가 위치하는 지역, 교차각, 도로의 기능, 설계속도 등에 따라 다른 평면곡선반경을 사용하게 된다. 도시지역과 같이 용지 및 교차로 주변 지장물 등에 의하여 영향을 받는 지역에서는 도로모퉁이를 설치하며 차도 부는 작은 회전반경을 적용할 수 있다. 지방지역의 경우에는 용지 등의 제약조건이 적으므로 평면곡선반경을 비교적 크게 하는 것이 좋다.

나. 우회전 차로

(1) 설치효과 및 설치조건

일반적으로 우회전 차로는 다음과 같은 효과를 갖는다.

- ① 도로교통 용량을 증대시킨다.
- ② 보행자의 안전을 도모한다.
- ③ 정지선을 전진시킬 수 있다.

- ④ 직진교통의 혼란이 감소된다.
- ⑤ 예각의 우회전을 용이하게 한다.

우회전 차로는 좌회전 차로와 같이 우회전 자동차가 있다 하여 설치하는 것이 아니고 우회전 자동차에 의한 영향이 크게 발생하는 경우에 주로 설치한다. 즉, 우회전 차로의 경우 가급적 설치하는 것이 소통과 안전의 측면에서 유리하나 우회전의 경우 적색신호 시에도 비보호 우회전이 가능하며, 좌회전 차로와 우회전 차로를 모두 설치함으로써 인하여 용지확보가 곤란한 경우 등이 발생하므로 이에 대한 융통성을 부여하는 것이다. 따라서 우회전 차로는 우회전 교통량이 많아 직진교통에 지장을 초래한다고 판단되는 경우에 설치하며 일반적으로 다음과 같은 조건을 만족시키게 되면 우회전 차로를 설치한다.

- ① 회전교통류가 주 교통이 되어 우회전 교통량이 상당히 많은 경우
주로 간선도로가 교차로에서 직각으로 굽은 경우에 볼 수 있으며, 이 경우는 단순한 우회전 차로의 설치뿐만 아니라 교차로 전체의 개선 등을 함께 고려하는 것이 바람직하다.
- ② 우회전 자동차의 속도가 높은 경우
지방지역에서 간선도로가 교차로에 접속된 경우에 주로 볼 수 있으며, 이 경우 교차로에서 안전하게 우회전하기 위하여 자동차를 감속시킬 필요가 있고, 이를 위해 감속차로 기능을 담당할 우회전 차로를 설치하는 것이 바람직하다.
- ③ 교차각이 120도 이상의 예각교차로로서 우회전 교통이 많을 경우

(2) 폭

교통량에 비해서 우회전 도류로의 폭을 지나치게 넓게 하면 교통류는 어지럽게 되고 운영이 어려워진다. 따라서 도류로는 적정하게 해야 하며 용지에 여유가 있다고 해서 도류로를 만들거나 필요 없이 넓게 만드는 것은 좋지 않다. 또한 도류로의 결정시 설계기준자동차의 제원을 충분히 고려해야 한다. 예를 들면 우회전 전용 2차로 도류로를 세미트레일러로 설계하는 경우 소형자동차 3대 또는 4대가 나란히 통행하여 오히려 교통에 지장을 초래하는 경우가 있으므로 이 경우는 도류로의 폭을 좁게 함이 바람직하다. 즉, 도류로의 폭은 설계자동

차, 평면곡선반경, 도류로의 접속각에 따라 결정해야 하며 지나치게 넓거나 좁아서는 안 된다.

도류로의 폭은 설계기준자동차, 평면곡선반경, 도류로의 회전각에 따라 결정한다. <표 3.8>은 도류로의 순수한 차로폭이다. 도류로가 교통섬 등으로 분리되어 있는 경우는 양측에 포장을 실시하여 0.5m 이상의 측대 및 길어깨의 여유폭을 확보하며, 확폭의 접속설치는 원칙적으로 내측으로 한다. 이때 우회전이 주 교통방향이고 다차로인 경우를 제외하고는 기본 폭보다 확폭된 부분은 사선 표시를 하여 비정상적인 주행을 금지시킨다.

<표 3.8> 도류로의 폭

곡선반경 (m)	설계기준자동차의 조합에 의한 도류로 폭(단위 : m)				
	S	T	P	T+P	P+P
8 이하			3.5		
9~14	9.5	6.0	3.0	9.0	8.0
15	8.5				
16	8.0	5.5		8.5	
17	7.5				
18	7.0	5.0			
19~21	6.5				
22	6.0	4.5		7.5	6.0
23					
24~30	5.5	4.0		7.0	
31~36	5.0				
37~50	4.5	3.5		6.5	
51~70	4.0				
71~100					
101 이상	3.5				

주) S=세미트레일러, T=대형자동차, P=소형자동차

(3) 접속곡선의 설치

도류로의 접속곡선은 클로소이드(clothoid) 곡선 또는 원곡선으로 하며, 접속

58 평면교차로 설계 지침

원곡선의 곡선반경은 도류로 내측반경의 3~4배가 되도록 한다. 원곡선을 접속 곡선으로 설치하는 경우, 일반적으로 세 개의 원곡선을 조합하여 사용되며 그 순서와 도식은 다음과 같다.

- ① 외측차로 XYX' 에서 차로 폭(W) 만큼 안쪽으로 이격된 APA' 를 그린다.
- ② 외측원 반경 R_0 을 결정한다.(도류로의 곡선반경 참조).
- ③ 외측차로 XYX' 와 접하는 외측원의 시점 E 와 종점 E' 의 위치는 다음 식에서 결정하고, 점 E 와 점 E' 를 반경(R_0)로 연결하는 호 EE' 를 그린다.

$$\overline{YE} = \overline{YE'} = \frac{R_0}{\tan(\Theta/2)}$$

- ④ 차로 폭(W)와 도류로 폭<표 3.10>으로 확폭량 $S (= e - W)$ 를 정한다.
- ⑤ 외측원의 반경 R_0 과 설계자동차에 의한 도류로 폭 e 에 의하여 내측원의 반경 $R_i (= R_0 - e)$ 를 결정한다(도류로의 곡선반경 참조).
- ⑥ 내측원 반경 R_i 의 n 배인 완화곡선 $R_r (= n \times R_i)$ 을 결정한다.(보통 n 은 3~4가 좋다.)
- ⑦ 내측 차로 APA' 에 접하는 완화곡선의 시점 A 및 A' 의 위치는 다음 식에서 정한다.

$$\overline{PA} = \overline{PA'} = \sqrt{2(n-1)R_i S - S^2} + \frac{(R_i + S)}{\tan(\Theta/2)}$$

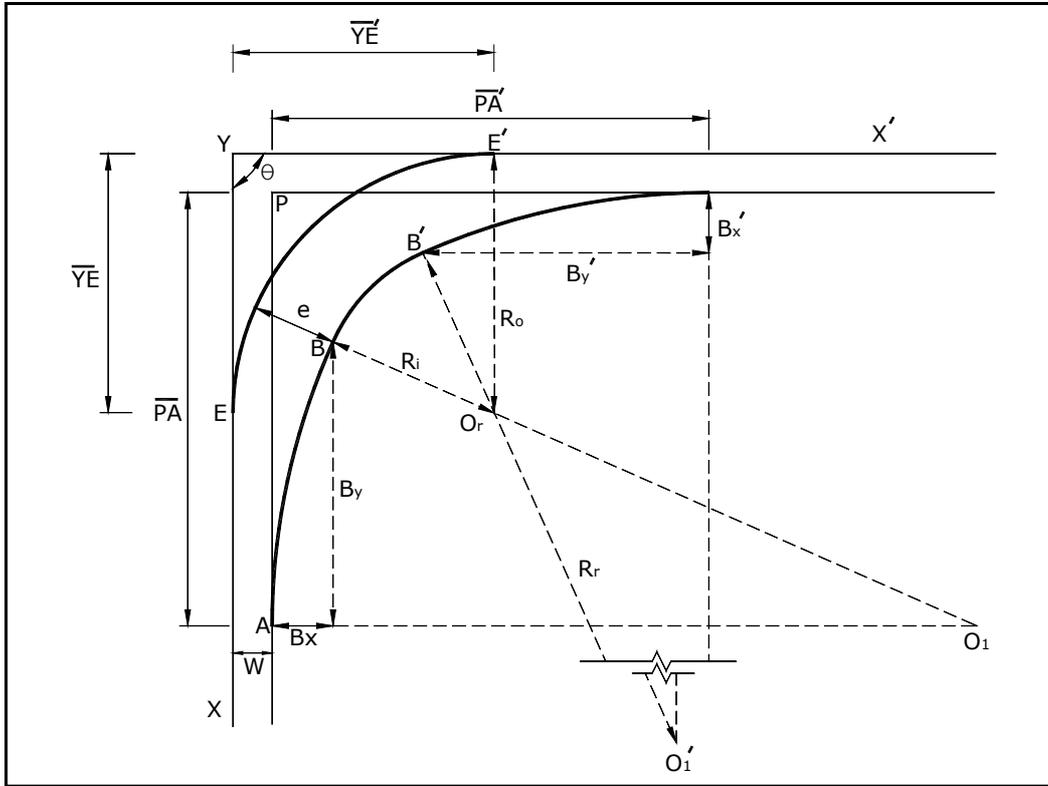
- ⑧ 완화곡선 AB 와 $A'B'$ 의 종점 B 및 B' 의 위치는 다음 식에서 정한다.

$$By = By' = \frac{n}{n-1} \sqrt{2(n-1)R_i S - S^2}$$

$$Bx = Bx' = \frac{n}{n-1} S$$

- ⑨ 점 A 와 점 B 를 반경 R_r 로 연결하는 완화곡선 AB 를 그린다.
점 B' 와 점 A' 를 반경 R_r 로 연결하는 완화곡선 $B'A'$ 를 그린다.
점 B 와 점 B' 를 반경 R_i 로 연결하는 호 BB' 를 그린다.

여기서, 우회전 차로만을 설치할 때는 ④~⑧의 순서로 그린다. 또한 유출부와 유입부의 비율을 달리할 때는 완화곡선 R_r 의 n 배를 각각 다르게 설정하여 그린다.



<그림 3.17> 도류로의 폭

설치계산 예

차로폭 $W = 3.0\text{m}$	외측원반경 $R_o = 20.0\text{m}$	교차각 $\theta = 90^\circ$
점 E 및 점 E' 의 위치 $\overline{YE} = \overline{YE'} = R_o / \tan(\theta/2) = 20 / \tan(90/2) = 20\text{m}$		
도류로 폭 $e = 6.5\text{m}$	확폭량 $S (=e-W) = 6.5 - 3 = 3.5\text{m}$	
내측원 반경 $R_i (=R_o - e) = 20 - 6.5 = 13.5$	$n = 4$	
완화곡선 반경 $R_r (=n \times R_i) = 4 \times 13.5 = 54.0\text{m}$ (4 : 1 : 4의 경우)		
완화곡선 점A 좌표 $\overline{PA} = \overline{PA'} = \sqrt{2(n-1)R_i S - S^2} + \frac{(R_i + S)}{\tan(\theta/2)} = 33.4697\text{m}$		
완화곡선 By 좌표 $By = By' = \frac{n}{n-1} \sqrt{2(n-1)R_i S - S^2} = 21.9596\text{m}$		
완화곡선 Bx 좌표 $Bx = Bx' = \frac{n}{n-1} S = 4.6667\text{m}$		

다. 변속차로

접근로에서 자동차 주행속도가 매우 높을 경우 감속하려는 자동차가 평면교차로의 정지선에 도달하기 전에 감속할 수 있도록 감속차로를 설치하는 것이 바람직하다. 감속차로는 감속 교통량보다는 감속하는 자동차의 속도 변화를 충분히 고려하여 설치하며, 감속차로를 설치함으로써 본선 상에서의 감속을 방지하여 교통사고를 예방할 수 있다.

설계속도가 낮은 도로로부터 설계속도가 높은 도로로 연결되는 지점의 평면교차로에서는 상대속도를 적게 함으로써 사고위험을 예방할 뿐만 아니라 교통소통에 도움이 되므로, 낮은 속도로부터 진입한 운전자들에게 충분한 가속시간을 마련해 주기 위해서 가속차로를 설치한다.

일반적으로 변속차로를 설치하는 경우 그 길이는 $L=1/2a \times (V/3.6)^2$ 이며, 우회전 진입속도를 0km/시로 가정하여 <표 3.9>와 같이 제시하였다. 이들 값들은 물리적인 속도 변화의 값으로 산정된 수치이므로, 교통량이나 설계속도의 변화에 따라 값들을 합리적으로 조정하여 사용할 수 있다.

<표 3.9> 변속차로의 길이

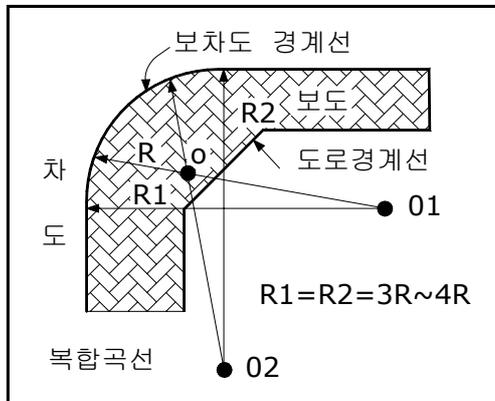
설계속도(V)		30km/시	40km/시	50km/시	60km/시	70km/시	80km/시
가속 차로 길이	지방지역 (a=1.5m/초 ²)	20	40	60	90	130	160
	도시지역 (a=2.5m/초 ²)	-	30	40	60	80	100
감속 차로 길이	지방지역 (a=2.0m/초 ²)	20	30	50	70	90	120
	도시지역 (a=3.0m/초 ²)	10	20	30	40	60	80

3.3.3 도로모퉁이 처리

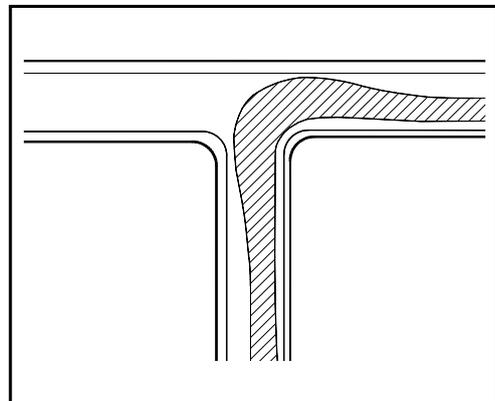
가. 보차도 경계선

교차로에서 도로모퉁이의 보차도 경계선의 형상은 원 또는 복합곡선을 사용하며, 이때 곡선반경이 너무 작으면 회전 자동차가 대향차로 또는 다른 차로를

침범하게 되므로 그 값을 가급적 크게 하는 것이 바람직하다. 그러나 일반적으로 용지의 제약이 적은 경우는 별도의 우회전차로 및 도류로를 설치하게 되므로 적절한 회전반경을 사용할 수 있으나, 그렇지 않은 경우 일반적인 최소기준으로 주간선도로(국도)에서는 15m이상, 보조간선도로(국도, 지방도)에서는 12m 이상, 집산도로(지방도, 군도)의 경우 10m이상, 국지도로(군도)의 경우 6m이상을 사용하여야 하며, 대형차의 통행이 극히 적고 주변도로상황 등으로 그 적용이 곤란한 경우는 자동차의 회전 가능 여부 등을 판단하여 그 값을 적용한다.



<그림 3.18> 보차도 경계선의 설치



<그림 3.19> 회전에 따른 주행궤적

나. 도로모퉁이의 설치

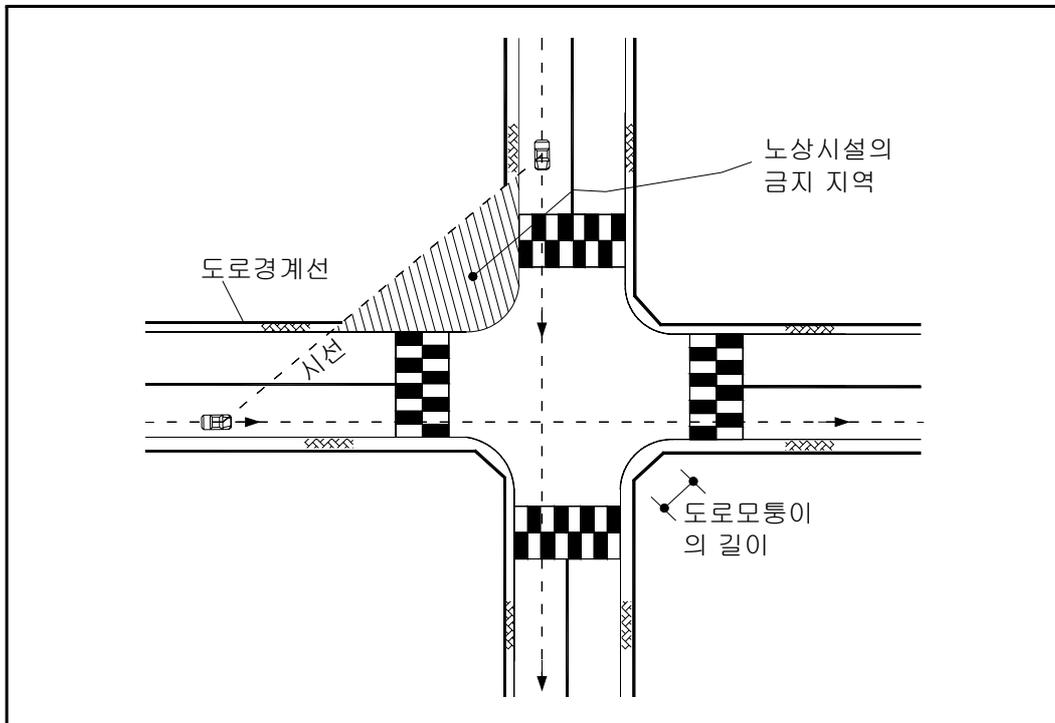
도로모퉁이(가각)의 길이를 정하는 데 있어서는 대상으로 하는 평면교차로에서의 자동차, 보행자, 자전거 등이 안전하며 원활하게 통행할 수 있도록 충분한 투시와 회전반경 및 유효 보도폭의 확보를 도모하는 것과 도로 녹화를 위한 공간의 확보, 또는 경관형성의 여러 가지 관점에서 종합적으로 검토할 필요가 있다. 특히 도시지역 도로에 있어서는 보행자 교통이 상당히 많기 때문에 설계자동차의 원활한 통행을 확보할 뿐만 아니라 안전하며 쾌적한 보행공간 혹은 양호한 도로공간의 형성에도 충분히 배려하여 답답한 교차로가 되지 않도록 할 필요가 있다.

원칙적으로 도로모퉁이는 <그림 3.20>과 같이 교차로 내의 시거가 확보될 수 있도록 시거 삼각형의 투시선을 따라 도로모퉁이를 설치하는 것이 원칙이

62 평면교차로 설계 지침

다. 그러나 일반적으로 건물 등의 장애물은 도로 경계선에서 일정 이격거리를 유지하며 시가지에서는 대부분의 도로가 네트워크를 형성하여 구획정리를 하고 있다.

자동차의 통행상 도로모퉁이를 설치할 필요가 없는 경우에도 보행자 및 자전거의 안전확보상 어느 정도의 투시를 확보하여 쾌적한 교통공간을 제공하기 위해, 또는 양호한 도시 경관을 형성을 위한 도로모퉁이는 필요하기 때문에 최대한 도로모퉁이의 길이를 길게 확보할 필요가 있다.



<그림 3.20> 도로모퉁이의 설치

다. 도로모퉁이의 길이

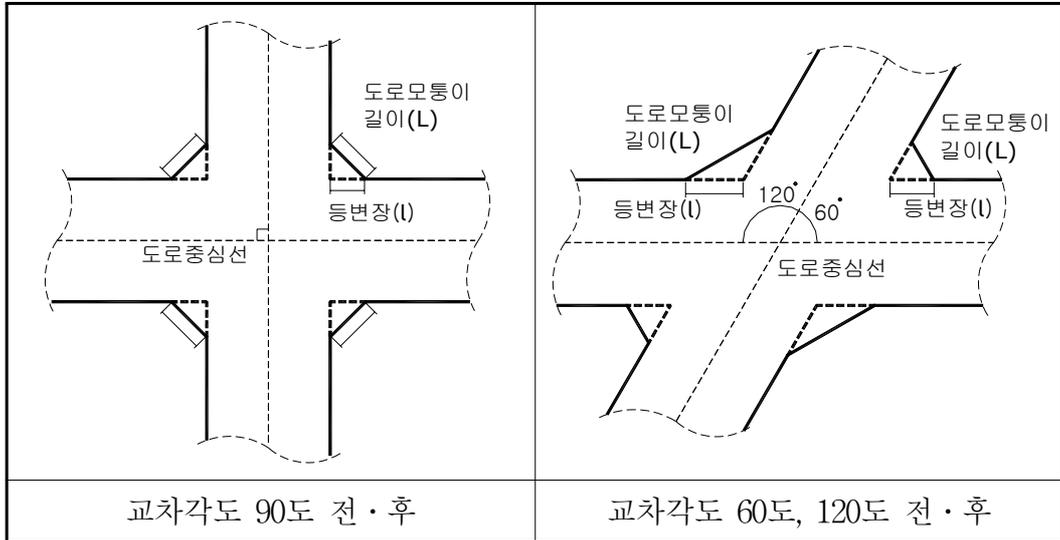
도로모퉁이의 길이 산출방식은 접속도로 양변의 길이(등변장)를 동일하게 한다. 도로모퉁이의 길이는 보·차도 경계선 회전반경이 확보되는 범위 이상으로 하며, <표 3.10>의 최소값을 도로모퉁이의 길이로 하여 산출한다.

<표 3.10> 도로모퉁이의 길이 (단위 : m)

교차 각도	도로 폭	6~8	8~10	10~12	12~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40 이상
90도 전후	6~8	5	5	5	5	5	5	-	-	-	-
	8~10	5	5	5	5	5	5	-	-	-	-
	10~12	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-
	12~15	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6
	15~20	5	5	5	6	8	8	8	8	8	8
	20~25	5	5	5	6	8	10	10	10	10	10
	25~30	-	-	5	6	8	10	10	10	10	10
	30~35	-	-	5	6	8	10	10	10	10	10
	35~40	-	-	-	6	8	10	10	10	10	10
	40 이상	-	-	-	6	8	10	10	10	10	12
60도 전후	6~8	6	6	6	6	6	6	-	-	-	-
	8~10	6	6	6	6	6	6	-	-	-	-
	10~12	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	12~15	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8
	15~20	6	6	6	8	10	10	10	10	10	10
	20~25	6	6	6	8	10	12	12	12	12	12
	25~30	-	-	6	8	10	12	12	12	12	12
	30~35	-	-	6	8	10	12	12	12	12	12
	35~40	-	-	6	8	10	12	12	12	12	12
	40 이상	-	-	6	8	10	12	12	12	12	15
120도 전후	6~8	4	4	4	4	4	4	-	-	-	-
	8~10	4	4	4	4	4	4	-	-	-	-
	10~12	4	4	4	4	4	4	4	4	-	-
	12~15	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
	15~20	4	4	4	5	6	6	6	6	6	6
	20~25	4	4	4	5	6	8	8	8	8	8
	25~30	-	-	4	5	6	8	8	8	8	8
	30~35	-	-	4	5	6	8	8	8	8	8
	35~40	-	-	-	5	6	8	8	8	8	8
	40 이상	-	-	-	5	6	8	8	8	8	8

주) 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 제14조 1항

<그림 3.21>은 도로모퉁이의 길이 적용을 나타낸 것이다.



<그림 3.21> 도로모퉁이의 길이 예

3.3.4 도류시설물

가. 개요

교차로의 설계에 있어서 가장 중요한 것은 교차로의 내부 및 부근에서 어떻게 교통류를 조절하여 자동차들을 원활하고 안전하게 주행시킬 것인가 하는 것이다. 교통류를 조절하는 방안은 회전 및 변속차로의 설치와 함께 교차로의 구조를 개선하기 위한 도류시설물을 설치하는 것이다. 교차로에서는 교통류끼리 교차하게 되므로 교차로의 면적을 작게 하고 주행위치를 명확하게 하여 지체하지 않고 교차 및 분·합류가 되어야 하며, 이를 위해서는 도류시설물에 의하여 도류화를 원활히 한다. 즉, 도류화된 교차로란 회전 및 변속차로와 도류시설물에 의하여 제한된 경로로만 교통이 통행하도록 하는 것을 말한다.

도류시설물이란 교차로 내부의 경계를 명확히 하기 위하여 설치하는 시설물을 말하는 것으로, 그 기능과 목적을 유지하기 위하여 일정한 틀에 박힌 형태로 되어 있는 것이 아니라 교차로 및 주변의 여건에 따라 여러 가지 형태로 나타난다. 즉, 도류시설물은 그 설치목적과 사용되는 재질 등에 따라 교통섬, 도

류대, 분리대, 대피섬 등으로 나뉘며 그들의 대표적인 명칭으로서 단순히 교통섬이라 부르기도 한다.

일반적으로 삼각 교통섬이라 함은 우회전 차로와 직진차로의 분리를 위하여 포장면 상단으로 연석 등에 의하여 돌출되어 설치된 시설물을 말하며, 포장면에 직접 페인트 등으로 도색을 한 것은 도류대라 한다. 분리대는 교통류를 방향별로 분리시키거나 부적절한 회전 등의 통행을 막기 위하여 도로의 중앙부 또는 회전 우각부에 설치되는 시설물을 말한다. 대피섬은 횡단보도 등과 연계하여 보행자, 자전거 등이 자동차와 분리되어 안전하게 대피할 수 있도록 교차로 내에 설치된 시설물을 말한다. 또한 유도차선은 자동차의 주행경로를 명확하게 하고 교통흐름을 자연스럽게 유도하기 위한 보조차선(차로표시)을 말한다.

나. 목적

도류시설물을 설치하는 근본적인 목적은 교차로 내에서 주행경로를 명확히 하여 주행의 쾌적성과 소통 원활을 도모하며 운행비용을 절감하는 것, 교차로의 면적을 최소화하여 교통안전을 도모하며 건설비용을 최소화하는 것, 보행자의 안전과 편리성을 도모하는 것 등으로 그 설치목적은 상세하게 구분하면 다음과 같다.

- ① 상층의 분리 및 상층각의 조정
- ② 교차로 면적의 감소로 상층면적 및 포장면적의 축소
- ③ 불필요한 통행의 규제와 적절한 교차로 이용법 제시
- ④ 교통흐름의 정비에 의한 교통사고 및 교통혼잡 예방
- ⑤ 정지선 위치의 전진 등으로 통과시간 단축 및 교차로 용량 증대
- ⑥ 보행자의 안전을 위한 장소 및 관련 시설물의 설치장소 제공
- ⑦ 회전 및 교차되는 자동차의 안전 및 대기를 위한 장소
- ⑧ 대향차로의 오인, 무단횡단, 불법회전 방지 등에 의한 안전성 향상

이러한 도류시설물의 설치목적에 따라 그 기능을 요약하면 도류, 분리, 장소 제공의 기능으로 나눌 수 있다. 즉, 교통류에 대한 지시와 통제를 통하여 자동차의 주행경로를 분명하게 설정해 주는 도류기능, 교통의 흐름을 방향별로 분리하여 위험한 교통흐름을 억제하는 분리의 기능, 보행자의 안전을 위한 대피

66 평면교차로 설계 지침

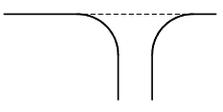
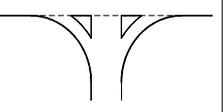
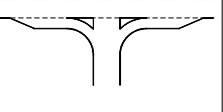
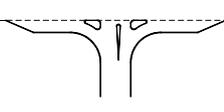
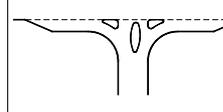
장소 및 관련시설을 설치하기 위한 장소제공의 기능으로 대별할 수 있다. 이러한 목적과 기능을 만족시키기 위해 다음 사항을 고려하여 설계를 한다.

- ① 알맞은 도류시설물의 형식
- ② 적절한 크기와 모양
- ③ 인접한 차로나 횡단보도와 연계된 위치
- ④ 도로시설물 자체의 각 설계요소

다. 형식의 선정

도류시설물(교통섬 등)의 형태와 크기는 교차로의 규모, 주변상황, 교통운영방법 등의 현지여건과 설치목적 등에 따라 여러 가지로 나타난다. 평면교차로를 부가차로 설치 유무와 도류시설물의 형태에 따라 분류하면 <표 3.11>과 같다.

<표 3.11> 도류시설물의 종류

유형	작은 곡선 적용	삼각교통섬 설치	삼각교통섬 + 물방울교통섬 설치	
도로 모퉁이 의 설치	유형 (I)  예) $R = 8m$	유형 (II)  예) $R_2 = 15 \sim 30m$	-	
	-	유형 (III)  예) $L=50m,$ $R_2 = 15 \sim 30m$	유형 (IV)  예) $L=50, R=25m$ 삼각교통섬 + 간이 물방울교통섬	유형 (V)  예) $L=50, R=25m$ 삼각교통섬 + 큰 물방울교통섬
변속 차로 설치	-			

도류시설물의 가장 일반적인 시설인 삼각교통섬은 직진 교통류와 우회전 교통류의 분리를 목적으로 우회전 차로의 설치시 주로 사용하는 삼각형 모양과

교통류의 주행경로를 유도하기 위한 긴 삼각형 모양이 사용된다.

한편, 좁은 차로의 교차로에서는 대형자동차가 좌회전 시 대향차로를 침범하여 대향차로에서 대기하는 자동차와 충돌할 가능성이 높다. 물방울 교통섬은 대향차로를 분리하는 것을 목적으로 설치한 것으로 대형자동차가 교차로 회전 시 대향차로를 침범하는 것을 방지할 뿐 아니라, 큰 물방울교통섬의 경우는 부도로에 교차로 진입각을 좁으로써 기하구조적으로 부도로에서 교차로로 진입하는 자동차가 과속을 하지 못하도록 한다. 간이 물방울교통섬은 넓은 노면표시로 대향차로를 구분한 것으로 대형자동차가 교차로 회전시 간이 물방울교통섬을 밟고 지나가도록 설계한 것이다.

도류시설물은 도로위계별로 <표 3.12>와 같이 적용한다. 여기서 지방지역의 국도에 적용 가능한 큰 물방울교통섬을 적용한 도류시설물은 세미트레일러의 진출입이 많은 공장지역의 세갈래교차로에 설치하는 것을 원칙으로 교차로 설치용지가 확보될 때 설치한다. 또한 간이 물방울교통섬은 노면표시만으로 대향차로의 구분을 한 것으로 네갈래교차로의 경우 또는 교차로 용지의 확보가 곤란한 경우에 적용한다.

<표 3.12> 도로위계별 도류시설물 선정

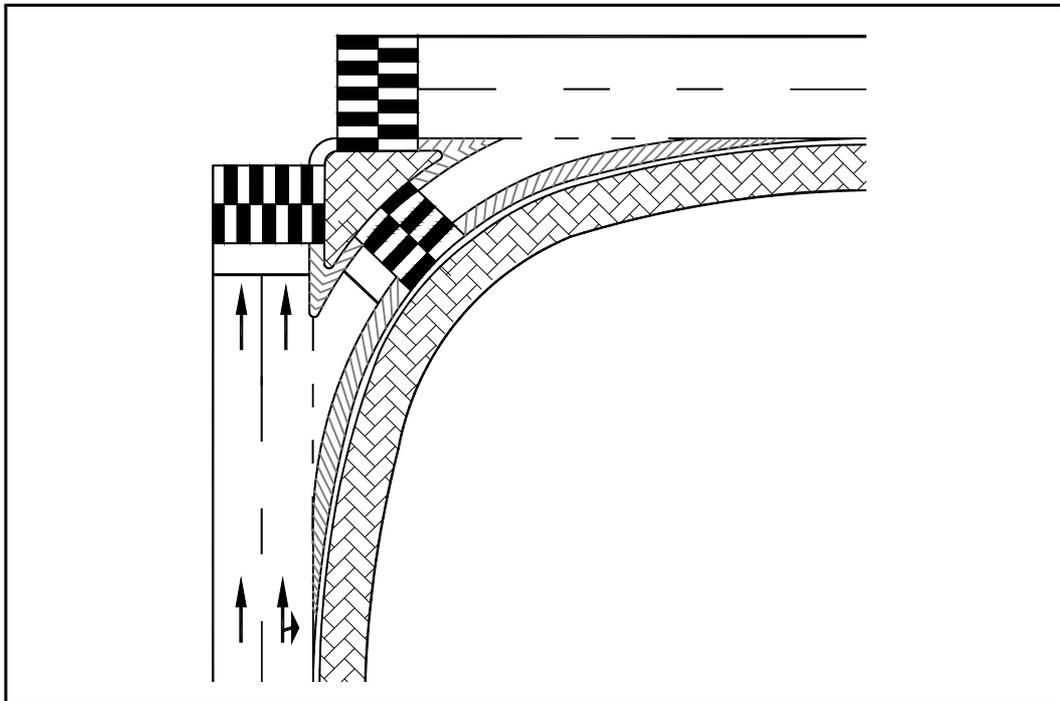
유형		유형 (I)	유형(II)	유형 (III)	유형 (IV)	유형 (V)
지방부	국도	⊗	⊗	●	●	●
	지방도	⊗	●	●	●	●
	군도	⊗	●	●	●	⊗
중도	농어촌도	●	●	⊗	⊗	⊗
	중로	●	●	●	⊗	⊗
소로	중로	●	●	⊗	⊗	⊗
	소로	●	●	⊗	⊗	⊗
● 적용 가능 ● 제한적 적용 ⊗ 원칙적으로 적용하지 않음						

도류로를 설계할 때는 우선 개략적인 도류로의 형태를 손으로 스케치하여 정한 후, 교통섬 등의 도류시설물을 스케치하여 전체적인 형태에 무리가 없다고 판단되면 세부적인 상세 치수를 넣어 작도하여 그 치수를 결정하게 된다. 이때 교통류를 유도하는 일에 너무 치중한 나머지 작은 도류대나 교통섬을 너무 많이 설치하는 경우가 있다. 교차로 내에 작은 교통섬이나 도류대를 과다하게 설치하는 것은 오히려 운전자의 판단을 흐리게 하는 결과를 낳는다. 또한 교통섬 본래의 역할인 교차로 내에서 교통흐름을 안전하게 하고 횡단보행자의 대기장소를 제공한다는 측면에서 작은 교통섬을 많이 설치하는 것은 바람직하지 않으며, 연석을 이용하여 교통섬을 설치하는 경우에는 자동차가 충돌하는 것을 막을 수 있도록 교통섬을 설치한다.

일반적으로 보행자의 안전을 위해서는 교통섬이 바람직하다고 할 수 있으나 교통섬과 도류대의 선택을 일률적으로 결정할 수는 없다. 즉, 보행자의 통행이 많고 통과 및 회전 교통량이 많으며 속도가 낮고 운전자들이 시설물에 의하여 제약을 많이 받는 시가화된 지역에서는 자동차 속도의 제한과 보행자의 안전을 위하여 교통섬이 유리하다고 판단되나, 지방지역에서는 교통섬을 사용하게 되면 오히려 불합리한 점이 발생되는 경우도 있다.

교통섬을 설치하기 전에 잠정적으로 도류대를 설치하여 자동차의 주행궤적이 안정된 후에 교통섬으로 바꾸는 방안도 생각할 수 있다. 이는 교차로의 설계시에는 도면상의 평면적(2차원)으로 보게 되어 교통섬과 도류대의 차이를 크게 느끼지 못하지만, 실제로 주행하는 운전자는 주변상황과 함께 입체적(3차원)으로 판단하게 되므로 설계도와 다르게 느끼는 경우가 있기 때문이다. 따라서 교통섬을 설치하기 전에 도류대와 함께 모래주머니, 차로유도시설, 라바콘 등을 이용하여 교통섬의 모양 및 크기에 변화를 주어 가며 관찰 후 최적의 선택을 하는 것이 바람직하다. 이는 도류시설의 효율성과 안전성을 증가시키는 것은 물론 운전자의 행동에 의하여 증명됨으로써 신뢰성은 물론 쉽게 수정할 수 있는 이점이 있고, 만일 더 확실한 교통통제가 필요하다면 연석에 의한 교통섬 건설에 확신을 가질 수 있기 때문이다. 그러나 이것이 처음부터 개략적인 설계를 시행해도 무방하다는 의미는 아니며 최적의 설계를 위한 추가적인 보완사항임을 명심한다.

교통섬을 설치할 때에는 자동차의 주행궤적에 맞추어 설계를 한다. 즉, 대형 자동차의 통행이 많은 경우에는 대형자동차의 주행궤적에 맞추어 설계하는 것이 필요하다. 이때 우회전 도류로 등과 같이 곡선반경이 작은 구간에서는 도류로 폭이 넓어지기 쉽고 그렇게 되면 소형차 두 대가 나란히 진행하는 경우가 생겨 위험하게 된다. 이와 같은 경우에는 사선(빗금)표시를 사용하여 폭을 좁게 하면 사선표시 부분은 대형 자동차가 주행할 때에 침범할 수 있는 여유부분이 되며 소형 자동차가 주행할 때에는 두 대의 자동차가 나란히 진행하는 것을 억제하는 역할을 한다.



<그림 3.22> 삼각교통섬과 사선 표시

라. 크기와 명칭

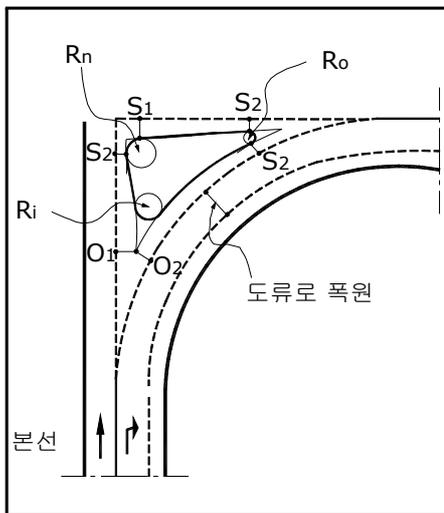
교통섬은 운전자의 시선을 끌기에 충분한 크기여야 한다. 지나치게 작은 교통섬과 분리대는 운전자에게 불필요한 존재로 인식될 뿐만 아니라 야간이나 기상조건이 나쁜 경우에는 이에 충돌할 수 있어 오히려 위험하다. 따라서 교통섬이나 분리대가 필요하다고 판단되는데도 불구하고 폭 등의 최소 규정치를 만족

70 평면교차로 설계 지침

하지 못할 경우에는 노면표시를 사용하는 것이 좋다. 일반적인 교통섬의 최소 크기는 보행자의 대피장소에 필요하다고 인정되는 9m² 이상이 되어야 한다. 용지 폭 등의 제약으로 부득이한 경우에도 도시지역은 5m² 이상, 지방지역은 7m² 이상의 면적이 확보되어야 한다.

교통섬의 정확한 제원을 산정하기 위해서는 우선 본선과 도류로가 분기되어 각각의 차로에서 일정간격(직거리)을 유지하는 지점을 선정하는 것이 가장 중요하다. 일반적으로 이 지점을 노즈(nose), 차로와의 수직거리를 오프셋(offset)이라 하며, 차로와 평행하게 이격된 거리를 셋백(set back)이라 하고 이렇게 구성된 삼각형 모양의 도로모퉁이부분은 선단이라 한다.

이러한 교통섬의 구성을 위한 각각의 최소값은 해당 도로의 기능, 해당 교차로가 위치하는 지역, 본선의 설계속도, 교통섬의 크기에 따라 그 최소값에 차이가 있으며 각각의 최소값은 <표 3.13>과 <표 3.14>와 같다.



<그림 3.23> 삼각교통섬의 구성

<표 3.13> 노즈 오프셋 및 셋백의 최소값(단위 : m)

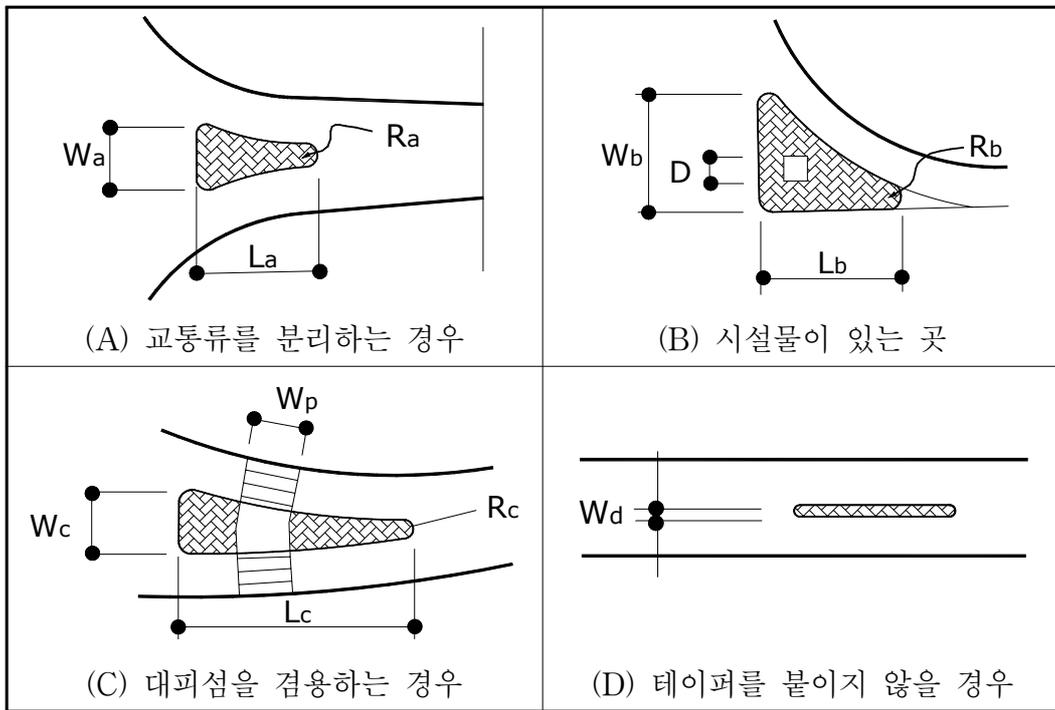
설계속도 (km/시)	80	60	50~40
구분			
S ₁	2.00	1.50	1.00
S ₂	1.00	0.75	0.50
O ₁	1.50	1.00	0.50
O ₂	1.0	0.75	0.50

<표 3.14> 선단의 최소 곡선변경(단위 : m)

R _i	R _o	R _n
0.5~1.0	0.5	0.5~1.5

한편 분리대와 같이 장방형의 긴 형태로 구성된 경우는 삼각 교통섬의 경우와 다소 다른 특성을 갖게 되며 그 형태와 각 제원의 최소값은 <그림 3.24>과 <표 3.15>와 같다.

물방울 교통섬의 구성 및 제원, 작도법은 부록 III을 참조한다.



<그림 3.24> 분리대의 형태

<표 3.15> 분리대 각 제원의 최소값 (단위 : m)

구분	기호	도시지역	지방지역
교통류 분리	W_a	1.0	1.5
	L_a	3.0	5.0
	R_a	0.3	0.5
시설물 설치	W_b	1.5	2.0
	$L_b(D+1.0)$	4.0	5.0
	R_b	0.5	0.5
	면적(m^2)	5.0	7.0
대피점 겸용	$W_c(W_p+1.0)$	1.0	1.5
	R_c	0.5	0.5
	L_c	5.0	5.0
테이퍼를 붙이지 않은 분리대폭	W_d	1.0	1.5

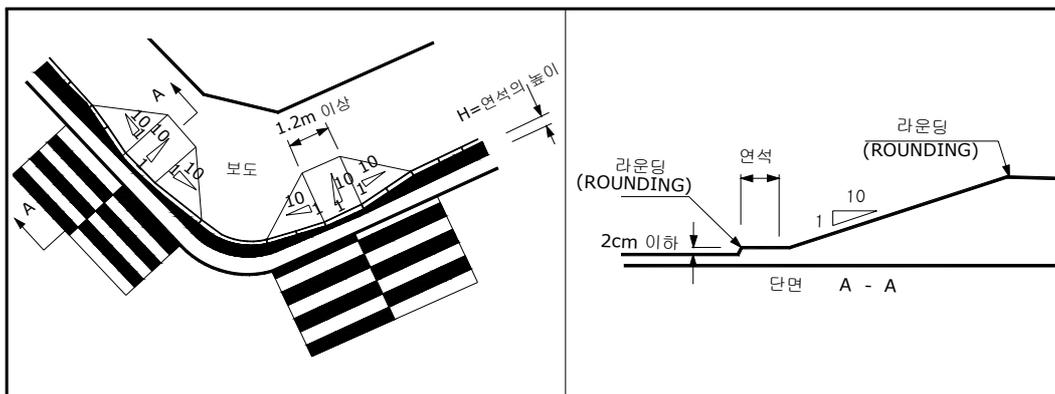
주) D : 시설물의 폭

W_p : 횡단보도의 폭

마. 연석의 설치

교통섬을 차로와 분리시키기 위해서는 일반적으로 연석을 많이 사용하는 데 연석은 시선유도와 함께 그것을 둘러싸고 있는 보도, 교통섬, 분리대 등을 자동차의 충돌, 접촉이나 우수에 의한 파손으로부터 보호하는 목적으로 설치되는 것이다. 이러한 의미에서 우각부에서도 일반 도로구간과 다를 것은 없지만 우각부에서는 교통밀도가 높고 회전 주행자동차에 의한 충돌 접촉의 위험성이 높다는 점과 보행자가 대기하는 곳이라는 점에 특히 주의하여 연석을 설치할 필요가 있다.

연석을 높게 설치하는 것은 이로 인하여 자동차가 충돌할 때에 차로부터 뛰어 넘어오는 것을 방지한다고 하는 물리적인 의미 외에 차도단을 시각적으로 인식하는 목적도 갖고 있다. 따라서 과속자동차를 막는 목적으로는 높을수록 좋겠지만 너무 높으면 승용차의 문을 닫는 것이 곤란하고 보행자에게도 위험하다. 그러나 너무 낮으면 보행자에게 주는 안전감이 적고 자동차가 쉽게 타고 넘기 때문에 설치 의미가 없어진다. 이와 같은 점을 감안할 때 연석의 높이는 12~20cm가 적당하다. 횡단보도와 접속되는 지점에서는 장애인, 유모차, 자전거 등의 통행을 위하여 턱의 높이는 최소 2cm 이하로 설치한다.



<그림 3.25> 연석의 설치

바. 유도차선

교차로 내에서 좌회전 차로의 주행 위치와 대기 위치를 명확히 하는 경우,

교통류가 교차로 내에서 변형적으로 굴곡하는 경우 등에는 유도차선에 의하여 자동차를 유도한다. 좌회전 자동차는 교통의 원활한 소통과 안전에 큰 영향을 주며, 특히 대향 직진 자동차와 교차하므로 자동차 상호간의 안전이 가장 큰 문제 중의 하나이다. 이러한 문제를 해결하려면 좌회전 자동차의 궤적에 따라 그 주행위치를 명시하고 좌회전 자동차에게 대향 직진 자동차가 통과할 때 대기할 위치를 명시해 둘 필요가 있다. 이를 위하여 교차로 내에 유도차선을 설치하여 좌회전 자동차의 주행 및 대기위치를 명확히 한다. 또한 교차로 내에 교통류가 굴곡하는 경우에도 유도차선에 의하여 주행방향을 명시한다.

그러나 이와 같은 경우에도 너무 많은 유도차선이 설치되어 있으면 통과교통의 혼란을 야기시키는 경우가 생기므로 유도차선의 위치는 최소한으로 하여야 하며 교차로 상에서 주행하는 자동차를 방해하지 않도록 배려하는 것이 필요하다. 또한 유도차선은 교통류가 굴곡하는 등 변칙적인 주행궤적이 되어 다른 교통류가 종단하는 곳에 표시하기 때문에 다른 노면표시에 비하여 지워지기가 쉬우므로 특별히 유지관리 측면을 고려한다.

3.4 안전시설

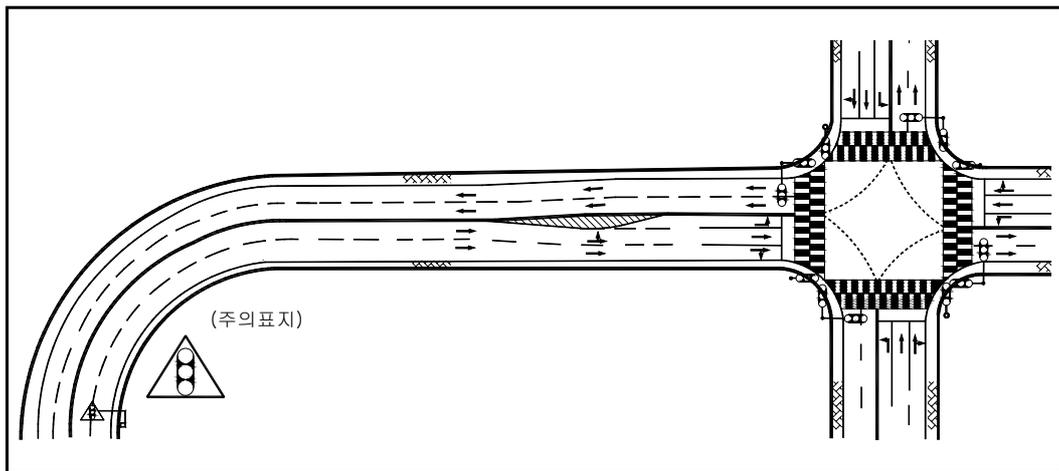
본 절의 세부적인 내용은 ‘도로교통법시행규칙’ 및 ‘교통안전시설 실무편람’과 ‘도로표지규칙’ 및 ‘도로안전시설 설치 및 관리지침’에 따른다.

3.4.1 도로교통 안전시설

교차로 부근에 위치하는 도로교통 안전시설은 신호등, 안전표지, 시선유도시설, 조명시설, 횡단시설, 충격흡수시설 등 그 종류가 다양하다. 이들은 교통사고 방지의 역할을 할 뿐만 아니라 교통류를 원활히 처리하는 기능도 있어 교차로를 설계할 때에는 적절한 교통안전시설을 설치하거나 개선하는 것이 중요하다.

가. 신호등

신호등의 설치위치를 결정할 때는 마주치는 신호등을 다른 방향에서 접근하는 자동차들을 위한 신호등으로 오인하는 일이 없도록 하며, 교차로 유입부에서 충분히 인식할 수 있도록 해야 한다.



<그림 3.26> 신호등의 설치 위치

신호등은 교차로 유출부의 우측에 설치하는 것을 원칙으로 하며, 편도 2차로 이상의 도로에서는 시인성을 높이기 위하여 유출부의 좌측에 신호등을 증설할 필요가 있다. 교차로의 유입부 부근이 곡선부이거나 오르막경사로 되어 있어 시인성이 떨어질 염려가 있는 경우에는 필요에 따라서 추가적인 신호등 또는 주의표지를 설치한다. 보행자용 신호등은 횡단보도 가장자리에 보행자와 마주 보도록 설치한다.

나. 교통안전표지와 도로표지

지시표지나 규제표지와 같은 교통안전표지를 설치할 때에는 교차로에 도달하기 전의 충분한 거리에서 그 표시내용을 알 수 있도록 설치장소와 설치방법에 주의를 기울인다. 또한 도로표지를 설치할 때에는 사전에 운전자가 그 교차로의 통행방법을 알 수 있도록 하기 위하여 경우에 따라서는 표시내용을 사전에 예고하는 표지를 설치할 필요가 있다. 이를 통하여 교차로 바로 앞에서 행선지

에 대한 혼란을 가져오거나 무리한 차로 변경을 하지 않도록 해야 한다. 특히 주 교통류가 좌회전하는 교차로나 좌·우회전 전용차로가 부가차로로 되어 있지 않은 교차로에 설치되는 교통안전표지는 어느 차로에서나 잘 보이도록 한다.

다. 도로조명

야간에는 교통안전과 교통소통을 높이기 위하여 신호등의 시인성을 확보하고 가로수의 그림자에 의한 영향이 없도록 도로조명을 한다. 도로조명에 대해서 신호교차로인 경우에는 원칙적으로, 일반 교차로인 경우에는 필요에 따라 부수적인 조명을 설치할 필요가 있다.

일반적으로 야간에는 도로상의 보행자가 잘 보이지 않으므로 보도와 횡단보도상의 보행자를 발견하는 비율은 자동차의 전조등 앞에서보다 도로조명 다음에서 더 높다고 평가되고 있다. 따라서 교차로에서 조명은 좌·우회전 자동차 가운데 유출부의 횡단보도와 같은 곳에서 진로를 변경하고자 하는 자동차나 보행자를 운전자가 볼 수 있는 곳에 설치하는 것이 바람직하다. 도로조명 때문에 신호등이 잘 보이지 않게 되거나 가로수, 간판 등의 그림자가 횡단보도를 덮는 일이 없도록 주의하여야 한다.

라. 입체 횡단시설

횡단육교, 횡단지하보도와 같은 입체 횡단시설은 보행자와 자동차를 입체적으로 분리시켜 보행자의 안전을 확보하고 신호 운영시 보행자의 횡단시간을 고려할 필요가 없게 하며 신호처리상 항상 우회전이 가능하게 하여 교차로의 교통처리 능력을 향상시킬 수 있다. 그러나 폭이 좁은 도로나 교통량이 비교적 적은 도로에 무분별한 입체 횡단시설을 설치하면 보행자가 시설을 이용하지 않고 무리하게 차로를 횡단하는 일이 잦아 오히려 위험하다.

자전거 이용대책으로 자전거 횡단대를 설치해야 하는 경우가 있다. 이러한 교차로에서는 자전거 횡단대를 이용한 보행자의 횡단이나 자전거 횡단대를 위한 신호 현시의 제약 때문에 교통처리 능력이 향상되지 못하거나, 상시 우회전 가능이라는 교통규제의 도입이 어려워질 수 있기 때문에 입체 횡단시설의 설치 효과가 소멸되는 수가 있다. 따라서 입체 횡단시설을 설치할 때에는 현장과 그

76 평면교차로 설계 지침

부근의 도로, 보행자, 차량운행의 상황을 충분히 파악하여 보행자의 편리성, 노약자, 신체장애인, 자전거 이용자에 대한 대책 등을 검토해야 한다.

마. 방호울타리

교차로에서는 보행자를 보호하기 위해 방호울타리 설치와 같은 교통안전대책이 필요하다. 도시지역의 교차로와 같이 교통량이나 보행자가 많은 경우에는 횡단보도 이외의 보도에 방호울타리나 식수대를 설치하여 보행자를 보호하고 보행자가 횡단보도 이외에서 횡단하는 것을 막는 것이 중요하다. 교차로 곡선부의 방호울타리 등은 자동차의 차도 밖으로 벗어나는 것을 방지하거나 운전자의 시선유도 효과를 높이는 역할도 한다. 보행자의 신호대기를 위한 대기공간의 도로모퉁이부분 보도경계 형태와 방호울타리 등의 설치방법에 있어서는 보행자의 보호를 충분히 배려하지 않으면 안 된다.

바. 도로반사경

신호교차로가 아닌 교차로나 좁은 가로끼리 교차하는 모서리에서 시거가 충분히 확보되지 못하거나 도로주변의 구조물 등에 의하여 시거가 충분하지 못한 기존 교차로의 경우에는 좁은 가로축에서 더 넓은 도로의 교통상황을 알 수 있도록 도로반사경을 설치하는 등의 보완조치를 취하면 시거를 확보하는 데 유리하다. 반사경의 설치위치는 자동차나 보행자의 운행에 지장을 주지 않는 장소이어야 하는 데, 반사경을 통하여 느끼는 거리감과 실제 거리와는 상당히 다르다는 특성을 고려할 필요가 있으며 정기적인 반사경의 유지관리도 중요하다.

사. 충격 방지시설

자동차와 교차로 내의 구조물이 충돌하는 것을 방지하기 위하여 장애물 표시등이나 시선유도표지, 표지병을 필요에 따라 설치한다.

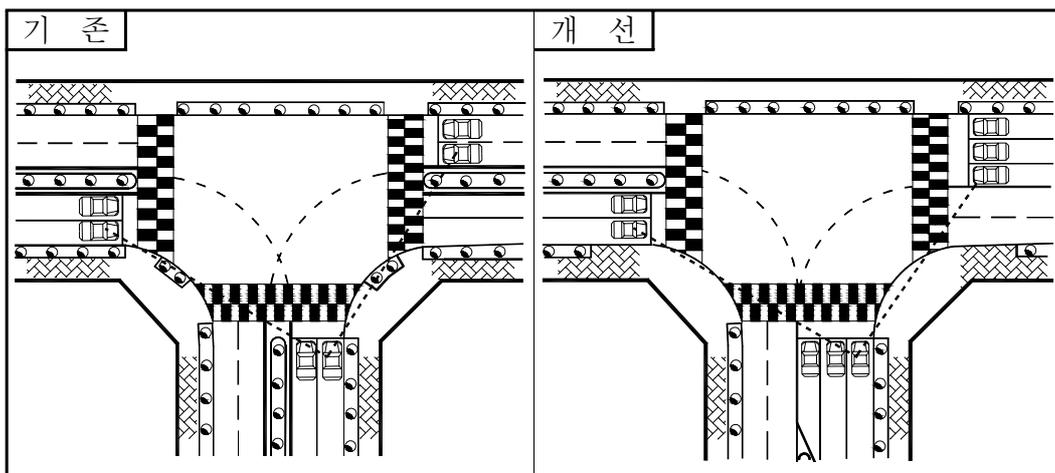
장애물표시등은 도로 분류부, 중앙분리대, 교각 등 도로구조물의 존재를 운전자에게 표지, 황색점멸등과 같은 경고 등을 통하여 경고함으로써 충돌이나 접촉사고를 방지할 목적으로 설치하는 데, 비스듬한 방향에서도 볼 수 있도록 설치해야 한다. 시선유도표지는 도로 선형을 명확히 하기 위하여 도로변, 중앙분

리대 교통섬 등에 따라 설치한다. 표지병은 교차로 내부나 유출부에 존재하는 안전지대나 통행 장애물의 시인이 어려운 경우, 그 전면에 설치하는 시선유도 표지와 함께 사용하거나 분리대를 설치할 폭이 없을 때 간이 중앙분리대로 사용한다. 다만, 설치 시에는 이륜차의 미끄럼 사고를 방지하기 위하여 높이가 낮은 구조로 하는 등의 배려가 필요하다.

아. 교차로 내의 시거 확보

교차로에서는 사고 방지를 위하여 시거를 충분히 확보하는 것이 매우 중요하다. 교차로 및 그 부근에서 시거 확보를 방해하는 것으로는 식재, 가로수, 도로 점용물, 도로 부속시설 등이 있다. 시거를 충분히 확보하지 못하면 대형자동차, 보행자, 신호등 및 표지가 잘 보이지 않아 교통사고 발생의 원인이 된다. 따라서 교차로와 그 부근에서는 시거 확보를 위하여 주의할 필요가 있다.

식재나 가로수를 설치하는 경우에는 나무의 높이와 폭을 고려하여 수목을 선정함은 물론 식수의 간격에 대해서 충분히 검토할 필요가 있다. 또한 운전자가 어린이까지도 충분히 식별할 수 있도록 하기 위하여 교통섬이나 교차로 부근의 중앙분리대에 설치하는 식재는 나무 높이가 60cm 이하의 작은 나무로 하며, 식수 후에도 나무가 성장함에 따라 가로수가 신호등이나 표지판의 시인성을 떨어뜨리는 경우에는 가지치기와 같은 일상적인 유지관리를 지속적으로 한다.



<그림 3.27> 시거의 확보

3.4.2 정지선, 횡단보도 등

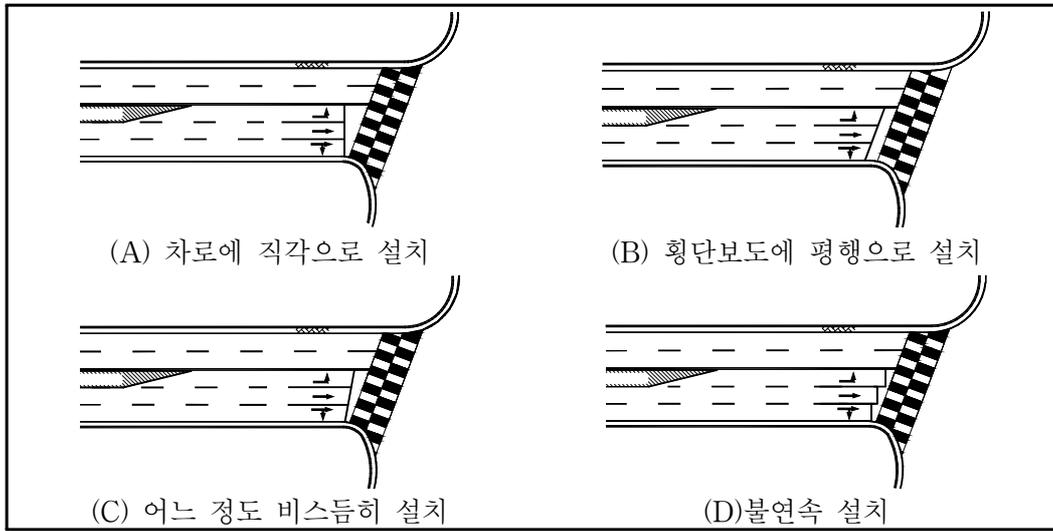
가. 정지선

정지선은 자동차의 어떤 부분이라도 그 선을 넘어서 정지해서는 안 된다는 것을 나타내는 표시로 신호교차로의 유입부, 횡단보도 직전, 일시정지 규제를 하는 경우 등에 설치한다. 정지선은 교차로의 좌·우회전 자동차가 주행하는 데 지장을 주지 않는 위치에 설치하되, 원칙적으로 차로 중심선에 대하여 직각으로 설치한다.

교차로와 그 부근에는 전신주 광고물과 같은 도로점용물, 도로표지나 조명시설과 같은 도로 부속시설이 많으면 운전자 입장에서는 정보 과다가 되기 쉽다. 이러한 도로점용물은 가능한 한 설치를 억제하여야 하며, 교차로 부근의 표지 또한 시거 확보의 측면에서 바람직하지 않으므로 난립을 피하고 합리적으로 간소화한다. 현지의 제약조건으로 인하여 도로형태를 개선하기 어려워 시거 확보가 곤란한 경우에는 시거 부족을 보완하기 위하여 표지나 반사경과 같은 제반 보조시설의 설치를 검토해야 한다.

정지선의 설치위치가 부적절하면 준수율이 낮아질 뿐만 아니라 교통사고 발생의 원인이 되므로 설치 시에는 교통여건을 충분히 검토한 후 정지선의 위치를 결정할 필요가 있다. 횡단보도가 없고 신호로 제어되는 교차로의 경우 차로 내에서 좌·우회전하는 자동차의 진행을 방해하지 않는 범위 내에서 가능한 전방으로 정지선을 전진시켜 교차유역을 축소할 필요가 있다. 이때 정지선의 위치는 설계기준자동차의 주행궤적에 따라 정해진다.

<그림 3.28>은 정지선 설치의 예를 나타낸 것이다. 횡단보도가 차로와 직각이 아닌 경우에도 정지선은 차로에 직각으로 설치(A)하는 것이 원칙이나 각도가 완만한 경우에는 횡단보도에 평행하게 설치(B)하기도 한다. 다차로 도로에서 횡단보도가 비스듬하게 설치되었을 때 정지선을 차로에 어느 정도 비스듬히 설치(C)하는 경우도 있으나 차로마다 정지선을 불연속적으로 설치(D)하는 것은 좋지 않다. 횡단보도도 신호등도 설치되어 있지 않은 교차로에 일시정지 규제를 하는 경우에는 좌·우 확인이 가능하며 교차로의 교통이 방해받지 않는 위치에 설치한다.



<그림 3.28> 정지선 설치의 예

나. 보도 및 횡단보도

(1) 개요

교차로 부근은 다른 곳보다 보행자도 많고 상점 등의 시설이 집중되어 있는 것이 통례이므로 보도가 좁으면 혼란이 생기고 위험성도 높다. 따라서 도로의 유효폭 즉, 식수대나 시설대를 제외한 실제 보행자의 보행에만 사용되는 폭보다 좁아서는 안 된다는 것을 원칙으로 하고 보행자가 많은 경우에는 다시 폭을 넓혀야 할 것이다. 교차로에 입체 횡단시설을 설치하는 것에 대비하여 단계건설을 위한 여유를 보도 내에 확보하여 보도폭을 정해야 한다.

(2) 횡단보도의 폭

횡단보도의 폭은 보행자 교통량의 함수로 생각하는 것이 합리적이고 일반적이므로 최소한의 보도폭만 확보하게 되면 긴급한 경우에 위험하며 횡단보도의 폭은 유효 보도폭의 두 배 정도로 한다. 주행중의 자동차가 전방에서 횡단보도의 존재를 인지할 수 있도록 어느 정도의 폭이 필요하므로 최소치를 4.0m로 한다. 보행자가 많은 경우에는 이를 적당히 증가시켜야 하는 데 필요한 폭을 계산으로 구한다는 것은 여러 가지 복잡한 요소가 있고 한마디로 설명하기 어려우므로 도로의 상황에 따라 실제적으로 정하는 것이 좋다. 특별한 경우에는

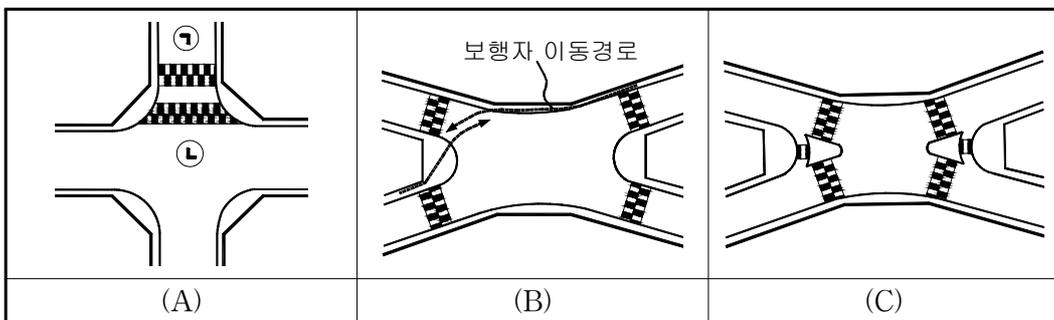
2.0m로 하는 데 이는 폭 6~8m의 좁은 도로에만 적용될 수 있다.

(3) 횡단보도의 위치

횡단보도의 위치는 교차로의 상황, 자동차 및 보행자의 교통량 등을 종합적으로 고려하여 차로 횡단거리가 가능한 한 짧고 교차면적도 좁아지도록 정해야 한다. 교차로에서 횡단보도의 위치결정에 대해서는 고려해야 할 요소가 매우 많다. 즉, 교차로의 형태, 교차도로의 폭과 교차각, 보도의 유무와 폭, 우각절단부의 유무와 그 크기 등을 모두 고려해야 하므로 위치결정방법을 일률적으로 정한다는 것은 곤란하다.

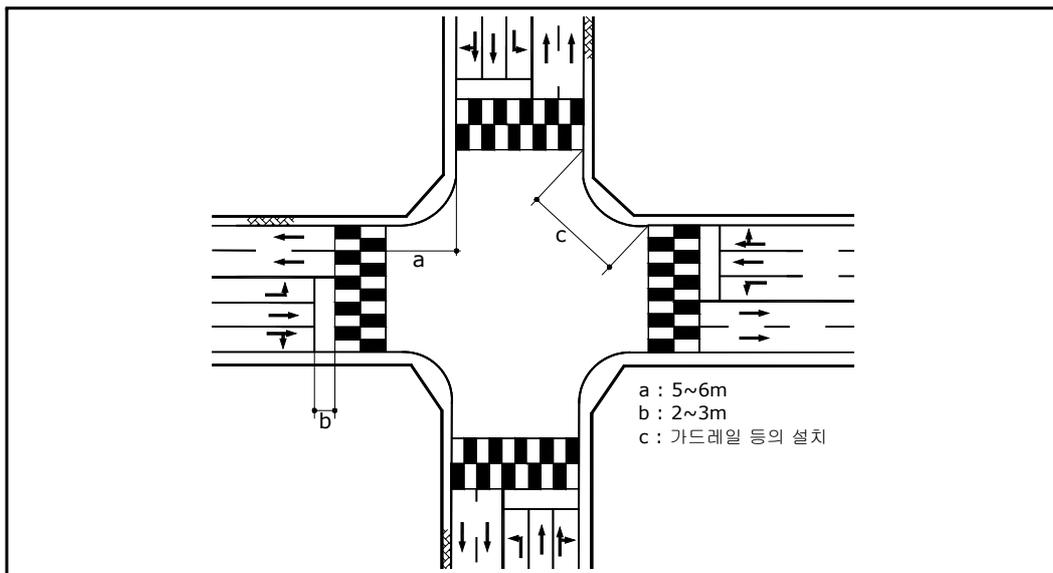
<그림 3.30>의 (A)와 같이 교차로에 우각부가 있는 경우 횡단보도의 위치로서는 ㉠, ㉡의 양자가 고려된다. ㉠의 위치는 차도의 횡단이라는 점에서는 문제 없겠지만 우각부가 길면 횡단하기 위해 보행자가 많이 우회하지 않으면 안 된다. 특히 기존 도로가 예각교차 경우에는 그림(B)와 같이 그 상태가 매우 심해져서 횡단보도 외의 횡단을 유발하기 쉽다. 보행자의 심리를 무시한 계획은 반드시 무리가 생겨서 사고의 원인이 된다. 이와 같은 경우에는 (C)와 같이 안전섬을 설치하여 처리함이 바람직하다.

횡단보도를 정지선이라는 견지에서 생각하면 일반적으로 교차로의 면적이 작을수록 시간 손실이 적고 자동차의 주행궤적도 고정되므로 ㉠보다 ㉡에 가까운 편이 좋다. 즉, 본선이 충분히 넓어서 좌우회전 차로가 전용으로 확보될 때에는 ㉡에 가까운 위치가 좋다. 그러나 본선의 폭이 불충분한 경우에는 보행자의 횡단을 기다리는 우회전 자동차가 직진 자동차를 방해하여 혼란을 초래하므로 유의해야 한다.



<그림 3.29> 횡단보도와 교통섬의 관계

도로 횡단부와 보도의 위치관계는 보도의 연장선상에 횡단보도가 설치되는 것이 바람직하나, 도로 횡단부에는 가드레일, 전주 기타 부대시설 등 유효한 보도부분이 차도와 접해 있으므로 일반적으로 도로 횡단부의 보차도 경계 연장선에서 최저 1m 정도 떨어져 횡단보도를 설치한다. 우회전 자동차와 횡단 보행자간의 교차가 일어나기 쉬운 간선도로상의 평면교차에는 보행자 횡단시 대기하는 우회전 자동차가 뒤따라오는 직진 자동차의 진행을 방해하여 평면교차로의 기능을 저해하므로 횡단보도를 보차도 경계의 연장선에서 5~6m(소형차 1대 길이), 정지선은 2~3m 뒤에 설치하며, 우회전하는 자동차의 안전한 주행유도와 보행자의 안전을 확보하기 위해 우각부에 가드레일 등의 안전시설을 설치하는 것이 바람직하다.



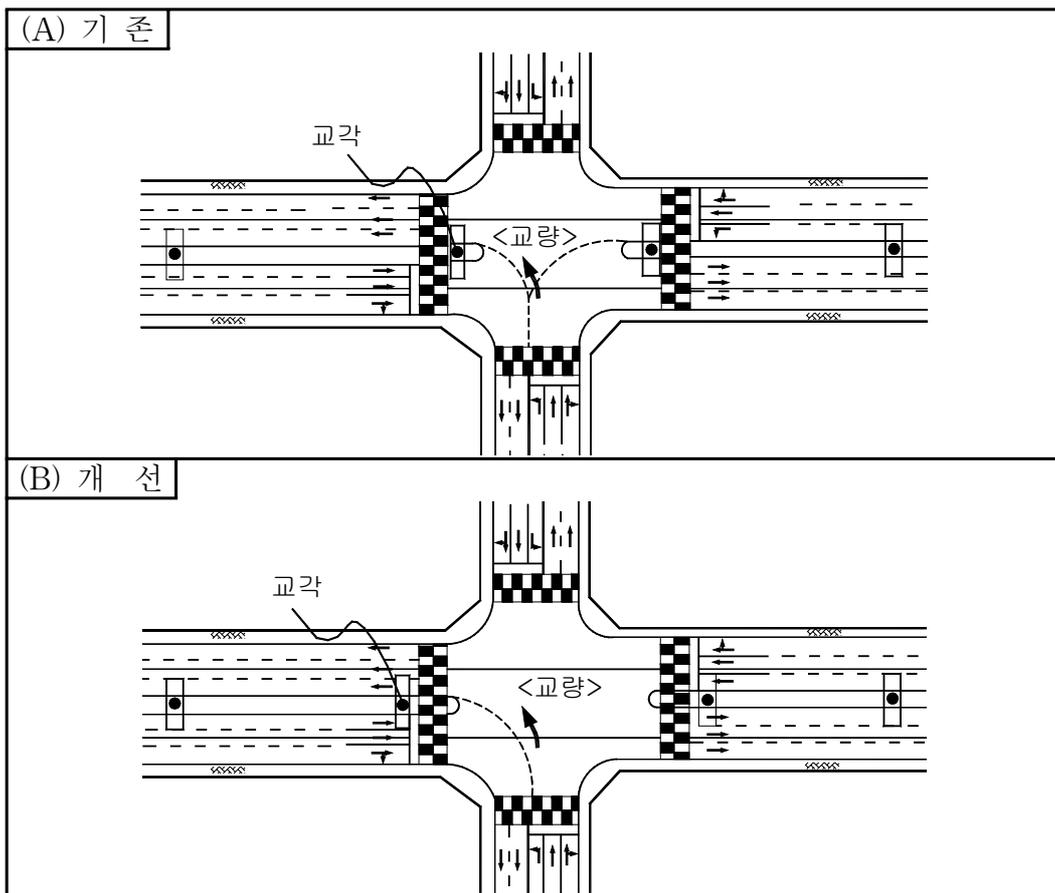
<그림 3.30> 횡단보도의 설치위치

(4) 기타 고려사항

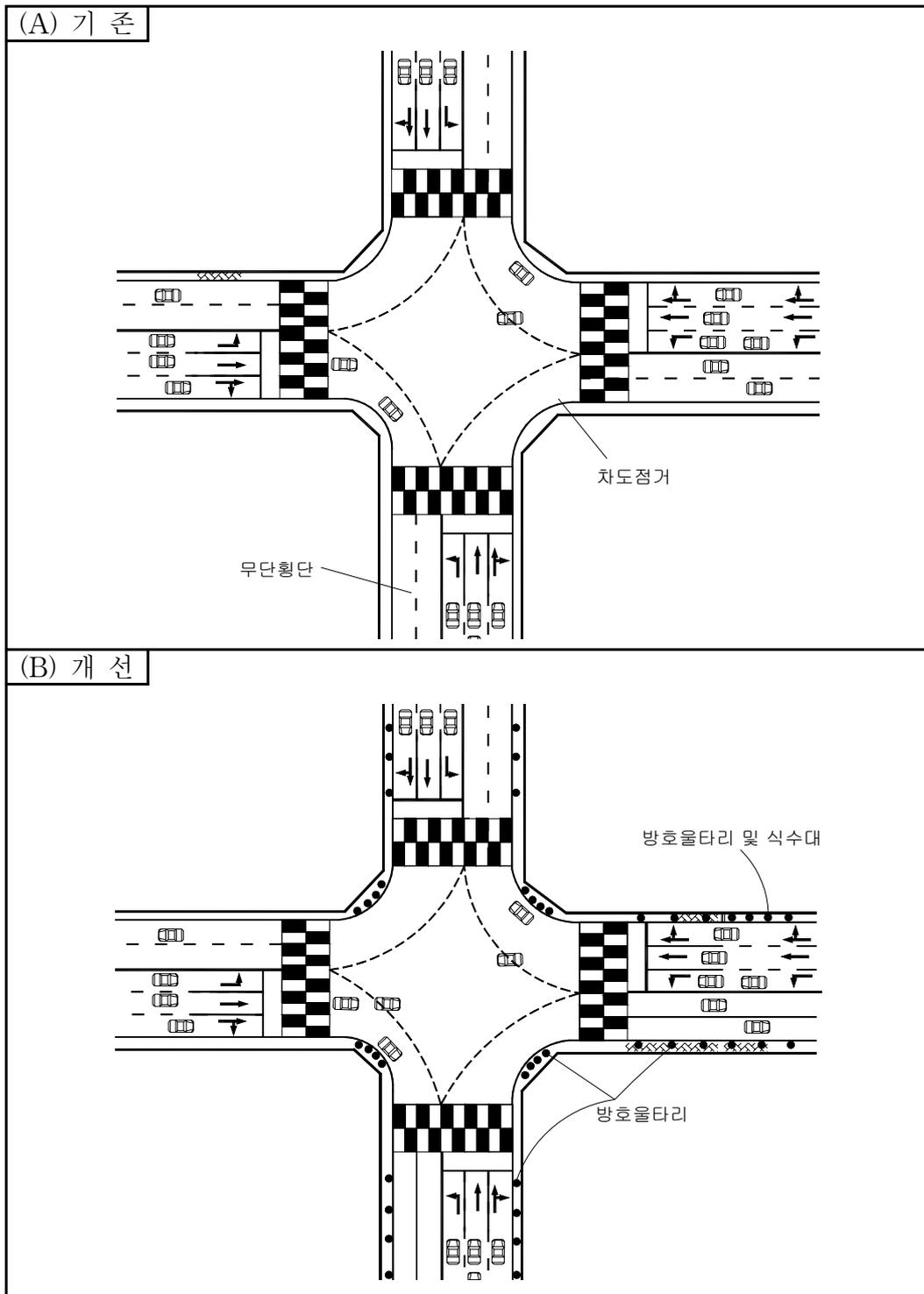
교통안전대책으로서 횡단보도는 운전자가 식별하기 쉬운 위치에 설치한다. 횡단보도의 위치를 입체도로의 교각이나 횡단육교 등 구조물의 영향을 받는 위치에 설치하면 횡단보도상의 보행자가 좌·우회전 자동차의 운전자로부터 잘 보이지 않게 된다. 이와 같은 경우에는 그 상황에 맞추어서 횡단보도를 식별하

기 쉬운 위치에 이전하는 것이 교통안전상 유리하다.

또한 교차로 주변에 차도와 물리적으로 분리된 보도를 설치하는 것은 보행자 안전대책으로서 효과적인 방법이다. 연석, 방호울타리 등의 공작물을 이용하여 보도를 설치함으로써 보행자와 자동차를 분리하여 보행자의 안전성을 확보하는 것이 특히 중요하다. 또한 횡단보도 부근의 보도에는 횡단대기 보행자들의 대기공간이 있어야 한다. 이 대기공간이 불충분하면 보행자가 차로로 나와서 대기하게 되므로 위험하다. 대기공간을 검토할 때에는 교차로 교통량이 어느 정도인지, 적신호로 대기하는 보행자 수는 어느 정도인지를 감안해서 모서리 부분 등을 이용한 대기공간을 확보한다.



<그림 3.31> 횡단보도의 안전을 고려한 횡단보도의 설치



<그림 3.32> 횡단보도 주변의 개선

제 4 장 교통운영과 신호운영

본 장의 세부적인 내용은 도로교통법시행규칙, 교통안전시설 실무편람, 도로용량편람을 따른다.

4.1 교통운영

- 가. 교차로의 효율적인 운영을 위해서는 도류화, 좌회전 전용차로 설치, 도로 조명 개선 등 개선 사업을 하거나, 신호등, 표지, 노면표시 또는 교통통제설비를 사용하여 교통류를 통제하거나, 주정차 및 속도를 통제하여 차로이용을 지정한다.
- 나. 교차로운영 방법은 도로조건이나 교통량이 많아짐에 따라 양보표지, 2방향 정지표지, 4방향 정지표지 순으로 운영이 되나, 교통량이 일정 수준이상이면 신호제어 방법이 가장 효율적이다.
- 다. 좌회전 신호제어는 비보호 좌회전, 보호 좌회전, 좌회전 금지 등의 방법 중 가장 적절한 방법을 선택해서 사용한다.

【해설】

교차로는 교차상충, 분류상충, 합류상충이 빈번히 일어나는 지점으로서 사고의 위험성이 높으며 용량과 서비스 수준이 도로구간에 비하여 비교적 낮다. 따라서 교차로가 어떤 도로시스템의 병목역할을 한다면 교차로의 구조나 운영면에서의 능력 또는 제약 사항을 면밀히 조사하여 가능한 개선책을 마련해야 한다.

이러한 교통운영 개선책에는 양보표지 또는 정지표지 등 교통통제설비의 설치, 도류화, 좌회전 전용차로 설치 등 소규모 개선사업 뿐만 아니라, 교차로의 효율성을 높이기 위하여 어떤 이동류의 통행우선권을 독점적으로 부여하거나, 허용 또는 금지하며, 접근속도를 감소시키거나, 차로 사용을 지정하거나, 또는 교차로 주위의 주정차를 허용 또는 금지시키는 교통통제기법과, 신호제어 기법 등이 있다.

4.1.1 교차로의 교통운영 목적

교차로의 교통운영 목적은 교차로 용량을 증대하고 서비스 수준을 향상시키며, 사고를 감소시키고 예방하며, 도로망의 경우 주도로를 우선 처리하여 도로망 전체의 소통효율을 높이는 것이다.

교차로 용량 및 서비스 수준을 증대시키기 위해서는 교차로 부근에 주차를 금지하거나, 상충과 혼잡을 줄이기 위해 좌회전을 금지하거나, 교통신호를 이용하여 상충을 줄이고 교통용량을 증대시키는 방법을 사용한다.

교차로에서 일어나는 교차, 합류 및 분류 상충은 사고위험성을 수반한다. 따라서 적절한 속도제한, 자동차의 주·정차 통제 및 신호를 이용한 통행우선권 할당 등으로 정면충돌, 직각충돌 및 보행자 사고를 줄일 수 있다.

이처럼 교통신호는 이러한 교차로의 운영목적을 달성하는데 가장 널리 사용된다. 그러나 이 신호는 비용이 많이 들며, 또 어떤 수준 이하의 교통조건을 갖는 교차로에 사용하면 오히려 역효과를 나타내므로 일정한 수준 이상의 교통조건에 도달 할 때만 그 설치 타당성이 인정된다.

4.1.2 교차로 운영방법

교통량의 증가에 따라 순차적으로 시행할 수 있는 교차로 운영방법은 다음과 같다.

- ① 기본 통행권 우선 수칙 : 교통량이 매우 적어 비통제로 운영되는 교차로에서 자동차 및 보행자를 제약하거나 통제하기 위한 기본적인 통행우선권 수칙은 도로교통법에 규정되어 있다. 교차로에 먼저 진입한 자동차가 우선권을 가지며, 동시에 접근한 자동차는 오른쪽 접근로의 자동차가 우선권을 가지며, 좌회전은 보행자 및 맞은편 직진에게 우선권을 양보해야 한다.
- ② 양보표지 : 양보표지가 설치된 접근로의 자동차는 교차하는 도로의 교통에 우선권을 양보해야 한다. 양보하는 자동차는 우선권을 가진 자동차에게 방해가 되지 않는다면 정지할 필요 없이 그대로 교차로를 통과할 수 있다. 일반적으로 교차로의 안전 접근속도가 15 km/시 이상이면 양보표지를, 그

이하이면 정지표지를 사용한다. 그 외에 접근로의 교통량, 시거의 제약 또는 교통사고의 위험성에 따라 통제방법을 결정한다.

양보표지는 부도로에만 사용하며, 한 교차로에서 어떤 접근로에는 정지표지, 다른 접근로에는 양보표지를 사용해서도 안 된다.

- ③ 2방향 정지표지 : 정지표지가 설치된 접근로의 자동차는 교차로에 진입하기 전에 반드시 일단 정지한 후 안전하다고 판단되면 진행한다. 이 표지는 주도로와 교차하는 부도로에 설치하며, 신호설치 지역 내의 비신호교차로에 설치하면 효과적이다. 주도로의 교통이 고속이거나, 교차도로의 시거가 제한되어 있거나, 교통사고가 많은 곳에 사용하면 좋다.

주도로의 교통량이 많아 교차도로 교통의 50% 이상이 정지해야 하는 경우가 평일 중에 8시간 이상일 때 이 통제방법을 사용하면 좋다.

- ④ 4방향 정지표지 : 모든 접근로의 자동차가 일단 정지한 후에는 앞에서 설명한 통행우선권 수칙에 따라 교차로에 진입한다. 이 통제 방법은 교통신호의 설치가 필요하지만 설치할 수 없는 곳에 임시방편으로 사용하거나, 교통량이 비교적 많으면서 사고의 위험성이 높은 교차로에 설치하면 효과적이다.

- ⑤ 교통신호 : 교차로를 이용하는 여러 이동류에 대하여 신호등을 사용하여 교대로 통행우선권을 할당하는 방법으로서, 일정 수준 이상의 교통량인 교차로에 사용하면 매우 효과적이다. 신호교차로의 교통소통을 원활히 하기 위해서는 교통공학적인 전문지식이 필요하다. 여기에는 주기, 녹색시간, 황색시간의 계산과, 현시순서 계획뿐만 아니라 보호 좌회전, 비보호 좌회전, 좌회전 금지 등과 같이 좌회전 처리를 어떻게 할 것인가를 선택해야 한다.

- ⑥ 입체화 : 좌회전을 금지하고도 적정 주기가 140초 이상이 필요한 경우는 지하차도 또는 고가차도를 건설하면 약 30% 정도의 교차로 효율을 높일 수 있다.

4.2 신호운영

교통신호는 횡단보행자를 포함하여 상충하는 교통류를 시간적으로 분리시켜 적절한 시간간격으로 통행우선권을 할당하는 교통통제설비이다. 통행우선권을

할당하는 방법과 등화의 의미 및 등화 배열의 순서, 원칙 등은 도로교통법의 등화에 관한 규정에 의한다.

4.2.1 교통신호의 기본개념

- 가. 신호등은 등화의 의미, 배열순서 및 등화의 원칙에 따라야 하며, 통일성과 일관성, 높은 시인성을 가져야 한다.
- 나. 신호등의 설치 및 운영은 운전자의 눈높이, 도로의 경사 및 평면선형 등을 고려한다.
- 다. 신호등의 현시는 한 이동류가 단절되지 않아야 하며, 상충되는 이동류를 분리시키면서, 교통상황에 즉각적이며 효율적으로 적용할 수 있도록 조합되어야 한다.
- 라. 횡단보행자용 신호는 자동차용 신호와 연계되어야 한다.
- 마. 신호등은 도로조건과 교통조건 등을 고려하여 자동차와 보행자의 교통소통, 통학로, 사고기록, 비보호 좌회전 등을 검토하여 설치하여야 한다.

【해설】

입체교차로가 상충하는 교통류를 공간적으로 분리시킨다면 교통신호는 상충 교통류를 시간적으로 분리시킨다. 즉, 교통신호란 상충하는 방향의 교통류들에게 적절한 시간간격으로 통행우선권을 할당하는 교통통제설비이다.

가. 개요

(1) 등화의 의미

(가) 자동차신호

- ① 녹색표시 등화에서 자동차는 직진할 수 있고 다른 교통에 방해가 되지 않도록 천천히 우회전할 수 있다. 비보호 좌회전 표시가 있는 곳에서는 신호

에 따르는 다른 교통에 방해가 되지 않을 때에는 좌회전할 수 있다. 다만 다른 교통에 방해가 된 때에는 신호위반의 책임을 진다.

- ② 황색표시 등화에서 자동차는 정지선이나 횡단보도가 있을 경우, 그 직전이나 교차로 직전에 정지하여야 하며, 이미 교차로에 진입하고 있는 경우에는 신속히 교차로 밖으로 진행한다. 또 이 신호표시에서 우회전할 수 있고, 우회전하는 경우에는 보행자의 횡단을 방해해서는 안 된다.
- ③ 적색표시 등화에서 자동차는 정지선이나 횡단보도가 있을 경우 그 직전 및 교차로 직전에서 정지한다. 또 신호에 따라 진행하는 다른 교통을 방해하지 않는 한 우회전 할 수 있다.
- ④ 녹색화살표시 등화에서 자동차는 화살표 방향으로 진행할 수 있다.
- ⑤ 적색등화가 점멸할 경우, 자동차는 정지선이나 횡단보도가 있을 경우 그 직전이나 교차로의 직전에 일시 정지한 후 다른 교통에 주의하면서 진행할 수 있다. 이 등화표시의 의미는 정지표지와 같다.
- ⑥ 황색등화가 점멸할 경우, 자동차는 다른 교통에 주의하면서 진행할 수 있다. 이때는 감속을 해야할 필요성이 많으며, 양보표지와 같은 의미를 갖는다.

(나) 보행자 신호

- ① 녹색표시 등화에서 보행자는 횡단보도를 횡단할 수 있다.
- ② 적색표시 등화에서 보행자는 횡단을 해서는 안 된다.
- ③ 녹색등화가 점멸할 경우, 보행자는 횡단을 시작해서는 안되며, 횡단을 하고 있는 보행자는 신속하게 횡단을 완료하거나 그 횡단을 중지하고 보도로 되돌아와야 한다.

(2) 신호등화의 배열순서 및 등화원칙

신호등렌즈의 순서는 왼쪽에서부터(또는 위에서부터) 적색, 황색, 녹색화살표, 녹색 순으로 배열하는 것이 원칙이다. 또 빠른 속도로 진행되는 자동차 운전자의 식별 및 판단시간을 줄이고 혼동을 방지하기 위해서 다음과 같은 원칙이 국제적으로 적용되고 있다.

- ① 한 접근로에서 다음과 같은 신호는 동시에 표시되어서는 안 된다.

90 평면교차로 설계 지침

- 2렌즈의 경우 2색 등화
 - 3렌즈의 경우 2색 등화
 - 4렌즈의 경우 3색 등화
 - 녹색과 적색(적색은 녹색화살표와는 동시에 켜질 수 있다.)
- ② 어떠한 경우에도 적색 다음에 황색이 오거나, 적색 다음에 적색+황색이 동시에 켜져서는 안 된다.

(3) 교통신호 운영의 장단점

신호등이 적절히 설치 운영된다면 교통안전이나 통제의 측면에서 볼 때 큰 이점을 갖는다. 반면에 신호 설치로 인한 단점도 있다.

(가) 신호운영의 장점

- 질서 있게 교통류를 이동시킨다.
- 직각충돌 및 보행자충돌과 같은 종류의 사고가 감소한다.
- 교차로의 용량이 증대된다.
- 교통량이 많은 도로를 횡단해야 하는 자동차나 보행자를 횡단시킬 수 있다.
- 인접 교차로를 연동시켜 일정한 속도로 긴 구간을 연속진행 시킬 수 있다.
- 수동식 교차로통제보다 경제적이다.
- 통행우선권을 부여받으므로 안심하고 교차로를 통과할 수 있다.

(나) 신호운영의 단점

- 첨두시간이 아닌 경우 교차로 지체와 연료소모가 필요 이상으로 커질 수 있다.
- 추돌사고와 같은 유형의 사고가 증가한다.
- 부적절한 곳에 설치되었을 경우, 불필요한 지체가 생기며 이로 인해 신호등을 기피하게 된다.

나. 신호등의 설치위치 및 유지보수

(1) 설치위치

신호등의 녹색신호는 정상적인 기후조건 하에서 보통 시력을 가진 사람의 눈

으로는 최대 600 m 밖에서도 볼 수 있다. 그러나 기후 조건이 나쁘거나 시력이 약한 경우는 물론이고 신호등 주위의 복잡한 가로 시설물 때문에 시인성은 크게 감소된다.

시인성을 증가시키는 또 하나의 방법은 신호등 쉐를 적절히 설치하는 것이다. 신호등 쉐를 설치하는 목적은 햇빛을 차단하여 등화가 잘 보이게 하고, 다른 진행방향을 위한 신호등등화가 보이지 않도록 하는 것이다. 특히 불규칙한 교차로에서는 원하는 진행방향에 해당되는 신호를 판별할 수 없어 머뭇거리거나 잘못 진행하다 사고를 내는 경우가 있다. 그러므로 신호등의 설치방향과 교차로의 구조를 고려하여 적절한 크기의 신호등 쉐를 설치하는 것이 필수적이다.

신호등이 효율적으로 운영되기 위해서는 운전자가 자기 방향의 신호등만을 계속적으로 확연히 볼 수 있는 위치에 설치되어야 한다. 그렇게 해야만 교차로에 접근하면서 분명하고도 착오 없는 통행권을 지시 받을 수 있다.

신호등 설치위치를 결정하기 위한 가장 중요한 요소는 신호등면을 향한 운전자 시선의 수직 및 수평각도 범위이다. 이 때 물론 운전자의 눈 높이, 도로의 경사 및 평면선형 등이 고려되어야 한다.

신호등면의 개수와 설치위치에 관한 권장사항은 다음과 같다.

- ① 각 접근방향별로 교차로 건너편에 설치되어 접근자동차가 계속적으로 볼 수 있어야 한다. 이 때 정지선 이전에서 신호등을 볼 수 있어야 하는 가시거리는 <표 4.1>의 값 이상이어야 한다. 여기서의 속도는 85% 접근속도이다.

<표 4.1> 접근속도별 최소 가시거리

접근속도(km/시)	30	40	50	60	70	80	90	100
최소가시거리(m)	35	50	75	110	145	165	180	210

- ② 신호등면은 정지선으로부터 전방 10~40 m에 위치해야 한다.
- ③ 교차로 건너편의 신호등이 정지선에서 40 m 이상 떨어져 있는 경우, 교차로를 건너기 이전의 위치에 신호등을 추가로 설치해야 한다.

92 평면교차로 설계 지침

- ④ 신호등면은 진행방향으로부터 좌우 각각 20도 내에 위치해야 한다.
- ⑤ 한 접근로상의 두 개 이상의 신호등면은 2.4m 이상 서로 떨어져 있어야 한다.
- ⑥ 다음과 같은 이유로 신호등이 계속 보이지 않을 경우에는 교차로에 도달되기 전에 적절한 주의표지, 경보등 또는 추가 신호등을 설치해야 한다.
 - 정상적으로 설치된 신호등의 시인성 확보가 어려운 곳(예를 들어 교차로 구조가 특이하거나 건물 등에 가려지는 곳)
 - 운전자의 판단을 흐리게 하는 곳
 - 대형자동차 혼입률이 높은 곳
- ⑦ 신호등의 높이는 신호등면의 하단이 노면으로부터 4.5~5.0m에 있어야 한다. 앞의 기준에 의거하면, 대형자동차에 의한 시인 장애와 전구 등의 고장으로 혼란을 줄이기 위해 접근로 전면에 2~5개면을 설치하되, 정지선에서 운전자가 고개를 움직이지 않고 볼 수 있는 시계 내에 설치한다. 신호등면의 수는 접근로폭과 횡단교차로의 직선거리(정지선에서 신호등까지) 등에 의하여 <표 4.2>와 같이 결정한다.

<표 4.2> 교차로 크기에 따른 신호등면의 수

접근로 폭 (m) 교차로 횡단거리(m)		2차로	3차로	4차로	5차로	6차로	7차로	8차로 이상
		(6m)	(9m)	(12m)	(15m)	(18m)	(21m)	(24m 이상)
교 차 로	15	2	2					
	18	2	2	2				
	21	2+	2+	2+	2+			
	24	2+	2+	2+	2+	3+		
	27	2+	2+	2+	2+	3+		
	30		2+	2+	2+	3+	3+	
	33		2+	2+	2+	3+	3+	4+
	36		2+	2+	2+	3+	3+	4+
	39		3+	3+	3+	4+	4+	5+
	42			3+	3+	4+	4+	5+
횡 단 거 리 (m)	45			3+	3+	4+	4+	5+
	48			3+	3+	4+	4+	5+
	51			3+	3+	4+	4+	5+
	54			3+	3+	4+	4+	5+
	57				3+	4+	4+	5+

주) +: 길 건너편 1면 추가 가능

(2) 유지보수

신호등은 교통사고와 밀접한 관계가 있으므로 유지관리는 특히 중요하다. 신호등이 고장나거나 적절히 운영되지 못함으로써 야기되는 위험성은 다른 교통통제설비가 부적절한 것보다 훨씬 더 크다. 예를 들어 교차로에서 직각으로 교차하는 두 접근로의 신호가 고장에 의해서 동시에 녹색이 나타났다면 매우 심각한 사고를 유발할 것이다.

또 주기적으로 렌즈를 닦고 전구가 고장나기 전에 갈아 끼우는 것도 대단히 중요하다. 교통신호등이나 점멸등의 정비계획을 체계분석법을 이용하여 수립한다면 적절한 전구교환주기, 예방정비를 위한 최단순회경로, 정비원의 적정 사용등을 결정할 수 있다. 예방정비계획은 경제적이며 또 신호등 고장확률을 줄여줌으로써 안전에 크게 기여한다. 또 신호등 정비를 위한 경제적이며 효율적인 계획을 수립하기 위해서는 적절한 정비기록제도를 의무화해야 한다.

(3) 신호기의 제거

신호기의 설치 및 운영은 교통과 도로여건에 대한 교통공학적인 연구에 기초해야 한다. 신호기 설치준거를 잘못 적용하거나, 도로망 또는 주변의 토지이용이 변하여 교통여건이 변하면 신호기의 설치 타당성이 상실되는 경우가 있다. 이때는 신호기 운영의 장점보다 단점이 더 크게 나타난다. 이 때의 일반적인 현상은 불필요한 지체의 증가 및 신호위반의 증가와 사고빈도의 증가 등이 있다. 이러한 현상이 나타나면 다음과 같은 조치를 검토해 볼 필요가 있다.

- 양보표지, 2방향 정지표지, 4방향 정지표지로 대체 검토
- 시거 증가를 위한 정지선 위치 변경
- 속도규제, 좌회전통제
- 차로수 증설 및 기하구조 변경
- 야간사고가 많으면 조명시설 증설

다. 신호현시 순서 및 신호등화의 적용

신호교차로의 한 도로상에 있는 두 접근로의 신호표시는 서로 밀접한 상관이 있다. 반면에 이와 교차하는 도로의 두 접근로의 신호현시는 교차도로의 현시

94 평면교차로 설계 지침

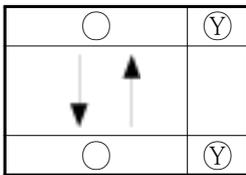
와는 전혀 상관이 없다. 따라서 다음에 예시한 것은 남북 접근로의 신호현시에 관한 것이며, 동서 접근로는 남북 접근로와는 독립적으로 같은 방법으로 적용할 수 있다.

한 도로 상의 두 접근로의 교통량을 처리하기 위한 적절한 현시 및 순서를 결정하기 위해서는 접근로의 도로조건과 교통량의 크기를 정확히 알아야 한다.

한 도로상의 두 접근로에서 사용 가능한 현시조합에서 사용되는 등화표시 방법에서, 그림의 다음에 있는 등화 색깔은 남쪽 접근로에서 북향하는 교통류가 받는 신호표시이며, 그림의 위에 있는 등화 색깔은 북쪽 접근로에서 남향하는 교통류가 받는 신호표시를 나타낸 것이다. 등화 색깔의 의미는 다음과 같다.

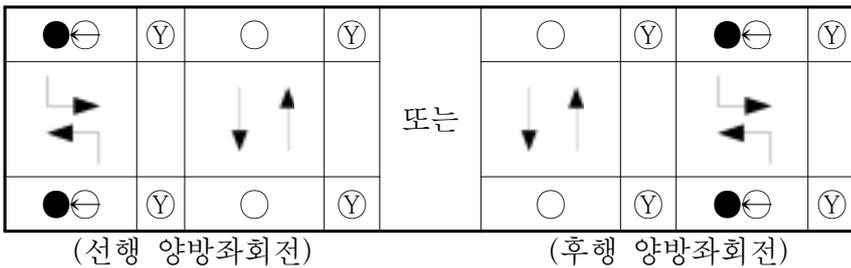
(○ : 녹색, ⊙ : 황색, ● : 적색, ⊖ : 좌회전 화살표)

(1) 직진신호



좌회전 금지 또는 비보호 좌회전을 허용할 때 사용하며, 직진 신호만 있다.

(2) 선행 또는 후행 양방좌회전

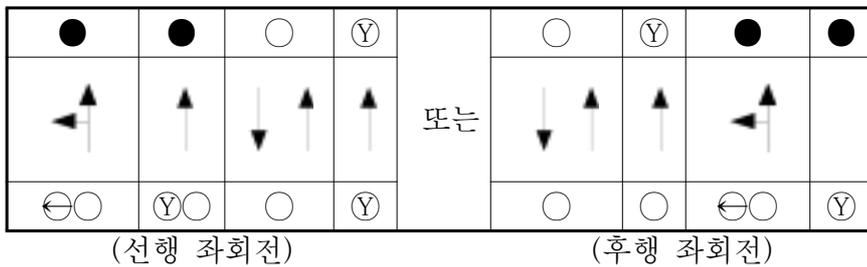


양방향의 좌회전이 동시에 시작되고 끝난 후(전용좌회전) 양방향 직진이 동시에 이루어지는 방식을 선행 양방좌회전이라 하며 우리나라에서 가장 많이 사용되는 방식이다. 이와는 반대로 양방향 직진현시 이후에 양방향 좌회전(전용좌회전)이 오는 경우를 후행 양방좌회전이라 한다. 이들 두 방식은 반드시 좌

회전 전용차로가 있어야 한다.

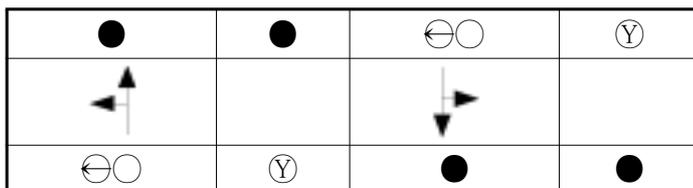
이 방식은 현시 수가 많으므로 주기가 길어지고 지체 또한 크나 좌회전 교통량과 대향직진 교통량이 많을 때 사용한다. 동일한 현시에서 진행되는 두 방향의 교통량이 비슷할 때 이 방식을 쓰면 효과적이지만, 이들 이동류의 교통량이 평형을 이루지 못하면 비효율적이다.

(3) 선행 또는 후행 좌회전



좌회전 교통량이 많은 접근로에 보호 좌회전 신호가 직진신호와 함께 나타난 후 좌회전이 끝나고 직진은 그대로 계속되어 마주보는 두 접근로의 신호가 직진이었다가 동시에 끝이 나는 방식이다(선행 좌회전). 또 반대로 처음에는 마주보는 두 접근로가 직진만 계속되다가 어느 한 접근로는 직진이 계속되면서 좌회전 신호가 나타나는(따라서 맞은편 접근로는 적색신호) 방식이다(후행 좌회전). 이 때 직진신호에서는 비보호 좌회전이 허용되는 것이 좋다. 그러므로 좌회전 교통량이 적은 어느 한 접근로는 보호 좌회전이 없이 단지 비보호 좌회전만 있는 경우가 된다. 이 방식은 세갈래교차로에 사용되거나 또는 네갈래교차로라 하더라도 어느 한 접근로의 교통량이 대향 접근로의 교통량에 비하여 매우 크며 대향 접근로의 좌회전 교통량이 비보호 좌회전으로도 충분히 처리될 수 있을 때 사용한다.

(4) 동시신호



접근로의 좌회전과 직진신호가 동시에 시작되어 동시에 끝나며 대향 접근로도 마찬가지이다. 이 방식의 장점은 좌회전을 위한 별도의 차로가 반드시 필요한 것이 아니라는 점이다. 다시 말하면 접근로의 맨 좌측차로는 시간적으로나 공간적으로 직진과 좌회전이 동시에 이용할 수 있는 공용차로이다(좌회전 전용차로가 있어도 가능).

이 방식은 좌회전 교통량이 많으나 접근로의 폭이 좁아 별도의 좌회전차로를 마련 할 수 없고, 또 한 접근로에서 좌회전교통량이 차로 당 직진교통량에 비하여 조금 적거나 비슷할 때 사용하면 효과적이다.

(5) 중첩 선행좌회전

양방보호 좌회전이 동시에 진행된 후에 한 방향 동시신호가 있고, 그 후 좌회전이 중단되면서 양방 직진이 진행된다. 이 방식은 어느 한 접근로의 교통량이 대향 접근로의 교통량과 큰 차이가 날 때 사용되며 우리나라에서도 간혹 볼 수 있는 통제방식이다.

(6) 직진중첩 동시신호

두 방향의 동시신호 중간에 직진신호를 삽입한 것으로서 연동신호 시스템에서 양방향의 넓은 진행대를 만들기 위해서 사용된다.

(7) 좌회전중첩 동시신호

●	●	●⊖	●⊖	⊖○	Ⓜ
↑	←	←	←	↓	
⊖○	Ⓜ⊖	●⊖	Ⓜ	●	●

두 방향의 동시신호 중간에 양방보호 좌회전을 삽입한 것으로서, 두 접근로 모두 좌회전 교통량이 많으면서 비슷한 경우에 사용된다.

앞의 예에서 볼 수 있듯이 현시방법은 매우 다양하며, 또 교차도로의 현시까지 고려한다면 그 조합수는 엄청나게 많다. 한 도로의 두 접근로 현시가 이와 같이 변할 동안 교차도로의 신호는 물론 적색이어야 한다.

라. 신호등의 설치 타당성 기준

교통신호는 상충하는 이동류에 통행우선권을 체계적으로 할당하기 때문에 교차로에 접근하는 모든 자동차에게 상당한 지체를 유발시킨다. 그렇기 때문에 교통신호의 설치는 여러 조건을 감안하여 정당화되는 것이 매우 중요하다. 이처럼 타당성의 기준을 준거(準據: warrant)라 한다.

준거는 일반적인 기준보다 더 구체적이고 명확한 것으로서, 준거에 명시된 어떤 수준에 도달하지 않으면 신호설치를 해서는 안 될 뿐만 아니라 설치된 신호등이라 할지라도 운영을 해서는 안 된다는 강한 의미를 지니고 있다.

만약 수준에 미달된 조건에서 신호등을 운영하면 전술한 신호등 운영의 장단점에서와 같이 신호등이 없는 것보다 못한 결과를 나타내기 때문이다.

신호등 설치기준은 5개의 항목으로 되어 있으며, 그 내용은 다음과 같다. 자동차용 신호와 보행자 신호가 항상 함께 사용되므로 다음의 준거는 교차로뿐만 아니라 도로구간에서도 적용이 가능하다.

(1) 준거1 : 자동차 교통량

평일의 교통량이 <표 4.3>의 기준을 초과하는 시간이 모두 8시간 이상일 때 신호기를 설치한다.

<표 4.3> 신호등 설치기준 - 교통량

접근로 차로수		주도로 교통량 (양방향) (대/시)	부도로 교통량 (교통량이 많은 쪽) (대/시)
주도로	부도로		
1	1	500	150
2이상	1	600	150
2이상	2이상	600	200
1	2이상	500	200

(2) 준거2 : 보행자 교통량

평일의 교통량이 <표 4.4>의 기준을 초과하는 시간이 모두 8시간 이상일 때 신호기를 설치해야 한다.

<표 4.4> 신호등 설치기준 - 최소 자동차 교통량 및 보행자 교통량

자동차 교통량(양방향) (대/시)	횡단 보행자(자전거 포함 : 인/시간)
600	150

(3) 준거3 : 통학로

어린이 보호구역 내 초등학교 또는 유치원의 주 출입문과 가장 가까운 거리에 위치한 횡단보도에 설치하며, 기타의 경우 보호구역 내 횡단보도는 차량교통량이 60대/시간(양방향) 이상일 때 신호기를 설치한다.

(4) 준거4 : 사고기록

신호기 설치예정 장소로부터 50m 이내의 구간에서 교통사고가 연간 5회 이상 발생하며, 신호등의 설치로 이 사고를 방지할 수 있다고 인정되는 경우에 신호기를 설치한다.

(5) 준거5 : 비보호 좌회전

대향직진 교통량과 좌회전 교통량이 차로별로 <표 4.5>에 나타난 값보다 클 때에는 보호 좌회전, 적을 때에는 비보호 좌회전으로 운영할 수 있다.

<표 4.5> 비보호 좌회전 기준

직진교통량 (대/시)	좌회전교통량(대/시)		
	2차로 도로	3차로 도로	4차로 도로
400	260	300	320
500	210	250	270
600	160	210	230
700	120	180	200
800	90	150	170
900		120	140
1,000		110	120
1,100		90	110
1,200		70	100
1,300		60	80
1,400		50	70
1,500			60
1,600			50
1,700			50
1,800			40

마. 신호기의 종류

독립교차로의 신호제어기에는 정주기식과 교통감응식이 있다. 교통감응식에는 반감응식, 완전감응식, 교통량-밀도식이 있다.

이들 각 방식은 설치되는 현장조건에 따라 성능이나 비용면에서 차이가 많다. 더욱이 신호기기의 발전속도가 워낙 빠르므로 교차로의 적정 제어 방식을 단정적으로 말할 수는 없다. 각 신호기에 대한 자세한 것은 뒤에 설명하며, 정주기신호기와 교통감응 신호기를 비교하면 다음과 같다.

(1) 정주기신호와 교통감응신호 비교

정주기신호는 일관되고 규칙적인 신호지시 순서가 반복되는 것이다. 여기에 다 보조장치나 원거리 통제장비를 추가하면 더 큰 기능을 발휘할 수 있다. 정주기신호기는 교통패턴이 비교적 안정되고, 또 교통류 변동이 이 신호기의 신호시간 계획으로 무난히 처리될 수 있는 교차로에 설치하면 좋다. 또 정주기신호는 특히 인접 교차로의 신호등과 연동할 필요가 있을 때 사용하면 바람직하다.

교통감응신호는 신호시간이 고정되어 있지 않고 검지기에서 검지되는 교통류의 변화에 의해서 결정되는 것이 정주기신호와 근본적으로 다른 점이다. 주기의 길이나 신호순서는 사용되는 제어기나 보조장치에 따라 다르나, 매 주기마다 변할 수도 있다. 경우에 따라 도착교통이 없는 현시는 생략될 수도 있다.

(2) 정주기신호의 장점

- ① 일정한 신호시간으로 운영되기 때문에 인접신호등과 연동시키기 편리하며, 교통감응신호를 연동시키는 것 보다 더 정확한 연동이 가능하다. 연속된 교차로에 대한 자동차 당 평균지체는 교통감응신호를 사용할 때보다 작다.
- ② 교통감응신호기에서는 검지기를 지난 후 정지한 자동차나 도로공사 등과 같이 정상적인 흐름을 방해하는 조건에 영향을 받으나, 정주기신호기는 그와 같은 영향을 받지 않는다.
- ③ 보행자 교통량이 일정하면서 많은 곳이나, 보행자 작동 신호운영에 혼동이 일어나기 쉬운 곳에는 교통감응신호보다 정주기신호가 좋다.
- ④ 일반적으로 설치비용이 교통감응신호기에 비하여 절반 정도밖에 되지 않으면서 장비의 구조가 간단하고 정비수리가 용이하다.

(3) 교통감응신호의 장점

- ① 교통변동의 예측이 불가능하여 정주기신호로 처리하기 어려운 교차로에 사용하면 최대의 효율을 발휘할 수 있다. 그러나 교차로 간격이 연속진행에 적합하다면 정주기신호가 더 좋다.

- ② 복잡한 교차로에 적합하다.
- ③ 주도로와 부도로가 교차하는 곳에서, 부도로 교통에 꼭 필요한 때에만 교통량이 큰 주도로 교통을 차단시킬 목적으로 사용하면 좋다.
- ④ 정주기신호로 연동시키기에는 간격이나 위치가 적합하지 않는 교차로에 사용하면 좋다.
- ⑤ 주도로교통에 불필요한 지체를 주지 않게 부도로에서 적색 점멸등으로 계속적인 <정지-진행>의 운영을 할 수 있다. 반면 독립교차로의 정주기 신호에서는 교통량이 적을 경우에 점멸등 운영을 한다.
- ⑥ 하루 중에서 잠시 동안만 신호설치 준거에 도달하는 곳에 사용하면 좋다.
- ⑦ 일반적으로 독립교차로에서 특히 교통량의 시간별 변동이 심할 때 사용하면 지체를 최소화한다.

4.2.2 정주기신호

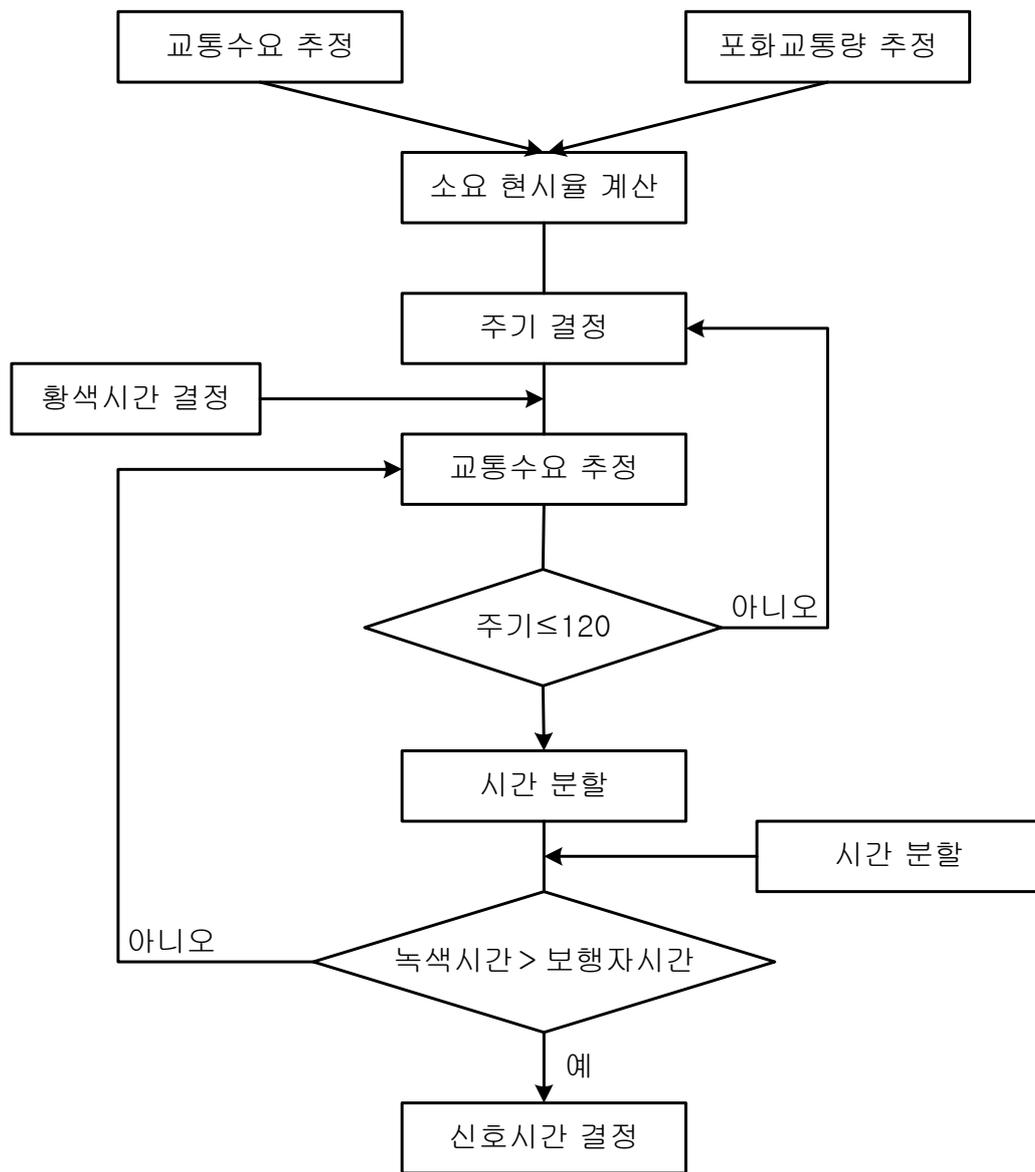
- 가. 정주기신호란 미리 정해진 신호등 시간계획에 따라 신호등화가 규칙적으로 바뀌는 것을 말한다.
- 나. 신호시간을 계산하는 과정은 교통수요 추정, 차로군 분류, 포화교통량 산정, 소요 현시를 산정, 황색시간 결정, 현시 결정, 주기 결정, 최소녹색시간 계산, 주기 분할 등의 순서로 진행된다.
- 다. 신호시간 파라미터가 결정되고 이에 따른 지체 및 서비스 수준이 만족스럽지 못하면 좌회전을 금지하거나, 비보호로 처리하는 방안을 검토할 수도 있다.

【해설】

한 시간계획으로부터 다른 시간 시간계획으로의 변동은 교통량의 변화에 따른 것이 아니라 제어기 안에 있는 시계에 의하여 정해진 시간이 되면 바뀐다. 이를 시간제 방식(時間制方式: Time of Day Mode : TOD)이라 한다. 따라서

정주기신호는 교통량의 시간별 변동을 예측할 수 있거나 포화상태가 빈번히 일어나는 교차로에 사용하면 좋다.

가. 정주기신호시간 계산



<그림 4.1> 신호시간 계산과정(독립교차로 정주기신호)

정주기신호로 운영되는 독립교차로의 신호시간을 계산하는 과정은 다음과 같으며 그 과정의 흐름도는 <그림 4.1>에 나타나 있다. 여기서 유의할 것은 우리나라 도로용량편람의 신호교차로 용량 및 서비스 수준 분석의 설계분석 과정을 따르면서 적정신호시간 계산을 하려면 그 계산과정이 너무나 복잡하고 또 주어져야 할 조건들이 많기 때문에 여기서는 단순화하였다.

(1) 교통수요의 추정

신호기의 신설, 개선 또는 현재의 신호시간을 검토하기 위해서는 그 교차로의 교통량을 알아야 한다. 교통량의 측정은 주중 어느 날의 12시간을 관측하는 것이 바람직하며, 각 접근로의 방향별 자동차 교통량과 횡단 보행자수를 15분 단위로 조사하여 4배를 한다. 가능하면 첨두시간의 차종별 조사도 함께 하여 차종구성비를 정확히 파악하여 포화교통량을 구할 때 사용한다.

시간제(TOD mode)로 운영되는 경우를 위하여, 교통량이 어느 정도 일정한 시간대별 교통량을 각각의 설계교통량으로 한다. 보통 일주일을 주기로 하여 평일의 몇 개 시간대와 토요일, 일요일 또는 공휴일의 시간대를 합하여 7~10개의 설계교통량을 설정하는 것이 좋다. 여기서 주의하여야 할 것은 이 설계교통량은 교통수요를 의미하므로 도착 자동차의 교통량을 뜻한다. 다시 말하면 교차로를 통과하는 자동차대수를 말하는 것이 아니다. 또 이 교통량은 진행방향별, 차종별로 측정해야 한다.

이 교통수요 자료를 분석에 사용하기 위해서는 앞에서 언급한 첨두시간교통량으로 보정하고, 차로이용을 보정을 해야 한다. 특히 우회전은 신호에 관계없이 우회전하는 교통량을 분석에서 제외해야 한다.

(2) 차로군 분류 및 포화교통량, 소요 현시율 산정

(가) 차로군 분류

차로군은 이동류의 교통량 분포에 따라 달라진다. 즉, 서로 다른 현시에 진행되는 이동류는 별개의 차로군을 형성한다. 또 같은 현시에 진행되는 서로 다른 이동류의 경우, 혼잡도가 다르면 별개의 차로군으로 분류한다. 반대로 좌회전 또는 우회전차로를 직진이 공용함으로써 혼잡도에 관해서 직진차로와 평형상태

를 나타내면 이 좌회전 또는 우회전 이동류는 직진과 함께 같은 차로군을 형성하며 통합해서 분석한다.

■ 차로군 분류의 개념

신호교차로는 신호운영방법과 좌회전 전용차로 유무에 따라 분석 방법이 달라진다. 차로군 분류는 기본적으로 실질적 전용회전차로의 존재 유무를 판별하는 것이다. 다시 말하면, 직진과 좌회전의 공용차로, 또는 직진과 우회전의 공용차로의 혼잡도가 직진전용차로의 혼잡도보다 크면 이 차로는 실질적인 전용차로와 같은 역할을 한다. 따라서 이 차로는 별도의 차로군으로 분석을 한다. 이와 같은 경우는 회전교통량이 많거나 회전교통의 직진환산계수가 클 때 발생한다.

반대로 이 차로와 직진전용차로의 혼잡도가 평형을 이룬다면, 이 차로는 직진차로와 같은 차로군이 되어 묶어서 분석을 한다. 여기서 혼잡도란 v/s 또는 v/c 와 같은 의미를 가진다. 따라서 전용 좌회전차로가 있는 경우, 이 차로는 항상 별도의 차로군이 된다. 이때 나머지 직진과 우회전차로가 통합되어 한 차로군이 되는 경우와, 우회전 교통량이 많아 실질적 전용 우회전차로가 되는 경우 두 가지가 있다. 그러나 우회전 교통량이 많아 실질적 전용우회전이 되는 경우는 극히 드물다.

차로군 분류의 기본개념은 다음과 같다.

- 좌회전 전용차로는 별개의 차로군으로 분석한다. 동시신호로 운영된다 하더라도 이 차로의 혼잡도와 인접한 직진차로의 혼잡도가 같을 수가 없기 때문이다.
- 접근로 차로수(전용 좌회전차로 제외)가 1개이면 그 한 차로는 하나의 차로군을 이룬다.
- 좌회전 공용차로가 한 개 있는 경우, 직진과 공용차로가 평형상태인지, 아니면 좌회전 교통량이 많아 좌회전 전용차로처럼 운영되는지를 결정한다.
- 좌회전 전용차로가 공용차로와 함께 있는 경우는 공용차로로 간주한다. 이때는 좌회전차로, 공용차로 및 직진차로가 평형상태를 나타내는 경우와 두

개의 좌회전차로가 실질적 좌회전 전용차로가 되는 경우를 판별한다.

- 회전자동차 앞에 도착하는 직진 자동차는 고려하지 않는다.

■ 차로군 분류 방법

녹색신호 때 차로당 방출되는 교통량은 v/s 비에 관해서 평형상태를 유지하려는 경향을 갖는다는 가정하에 차로군을 분류한다. 직·좌 공용차로는 좌회전만 이용을 하고, 직진전용차로는 직진만, 직·우 공용차로는 우회전만 이용한다고 가정할 때의 각 이동류의 v/s 비를 그 이동류의 순혼잡도라 한다. 즉, i 이동류의 순혼잡도 $(v/s_o)_i$ 는 다음과 같다.

$$(v/s_o)_i = \frac{i \text{ 이동류의 교통량}}{2,200 \times N \times (f_{RT} \text{ 또는 } f_{LT}) \times F} \quad \text{식(1)}$$

여기서, N = 그 이동류의 전용차로 수

$$F = f_w \times f_g \times f_{HV}$$

$$f_{LT}, f_{RT} = \text{좌, 우회전 보정계수}$$

직진과 회전이동류의 공용차로는 회전이동류만 이용한다고 가정했으므로, E_L 과 E_R 을 좌회전 및 우회전자동차의 직진환산계수라 하면, 좌회전 및 우회전 보정계수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$f_{LT} = 1/E_L \quad \text{및} \quad f_{RT} = 1/E_R$$

따라서, 식(1)을 다시 쓰면 다음과 같다.

$$(v/s_o)_i = \frac{i \text{ 이동류의 교통량} \times \text{그 이동류의 직진환산계수}}{2,200 \times N \times F}$$

여기서 F 는 모든 차로군에 동일하게 적용되며, 차로군 분류는 순혼잡도 v/s_o 의 상대적인 크기를 비교하는 것이기 때문에 모든 이동류에 대한 v/s_o 의 분모에 F 값을 곱하지 않아도 된다. 국도 및 지방도의 경우는 버스교통량, 승객수

및 보행자가 그다지 많지 않기 때문에 좌회전 및 우회전자동차의 직진환산계수로 각각 1.2와 2.4의 값을 사용하면 적절하다.

한 접근로의 직진, 좌회전 및 우회전에 대한 v/s_o , 즉, $(v/s_o)_T, (v/s_o)_L, (v/s_o)_R$ 을 구하고, 앞에서 언급한 평형의 원리에 근거하여 차로군을 분류하는 방법은 다음과 같다.

- ① $(v/s_o)_T$ 의 값이 가장 적으면 직진, 좌회전 및 우회전은 모두 별도의 차로군을 형성한다.
- ② $(v/s_o)_T$ 의 값이 중간이면 가장 작은 값을 갖는 회전이동류와 직진이 같은 차로군이 되며, 가장 큰 값의 이동류는 실질적 전용회전 차로군이 된다.
- ③ $(v/s_o)_T$ 의 값이 가장 크면 가장 작은 값을 갖는 회전이동류와 직진이 같은 차로군이 된다는 가정 하에 이 통합 차로군의 순혼잡도를 다시 계산한다. 이 값이
 - 남아 있는 다른 회전이동류의 순혼잡도보다 크면 직진, 좌회전 및 우회전은 모두 하나의 통합차로군을 형성한다.
 - 남아 있는 다른 회전이동류의 순혼잡도보다 작으면, 남아 있는 다른 회전이동류는 실질적 전용회전차로군이 되고, 가장 작은 혼잡도를 가진 회전이동류와 직진은 통합차로군을 이룬다.

예를 들어 공용좌회전 1개 차로 및 공용우회전 1개 차로를 포함하여 4개 차로를 가진 접근로가 있고, 좌회전 교통량은 167대/시, 직진은 1,390대/시, 우회전은 38대/시일 때, 각 차로의 순혼잡도는 다음과 같다.

$$\text{좌회전 차로의 순혼잡도} : (v/s_o)_L = \left(\frac{1.2 \times 167}{2,200} \right) = 0.091$$

$$\text{직진전용 차로의 순혼잡도} : (v/s_o)_T = \left(\frac{1,390}{2,200 \times 2} \right) = 0.316$$

$$\text{우회전 차로의 순혼잡도} : (v/s_o)_R = \left(\frac{2.4 \times 38}{2,200} \right) = 0.041$$

$(v/s_o)_T$ 이 다른 두 값보다 크며 $(v/s_o)_R$ 이 $(v/s_o)_L$ 보다 작으므로, 직진이 우회전 공용차로를 이용한다고 가정하면 직진과 우회전이 통합된 차로군의 순혼

잡도는 다음과 같다.

$$(v/s_o)_{TR} = \left(\frac{1,390 + 2.4 \times 38}{6,600} \right) = 0.224$$

이 값도 $(v/s_o)_L$ 보다 크므로 결국 이 접근로의 모든 이동류는 한 차로군에 속한다. 이때 이 통합차로군의 전체 순혼잡도는 다음과 같다.

$$(v/s_o)_{LTR} = \left(\frac{1.2 \times 167 + 1,390 + 2.4 \times 38}{8,800} \right) = 0.191$$

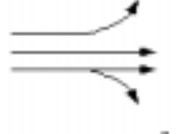
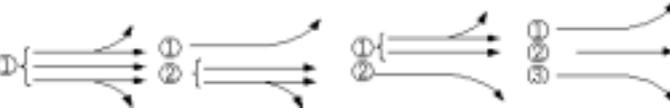
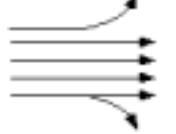
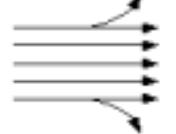
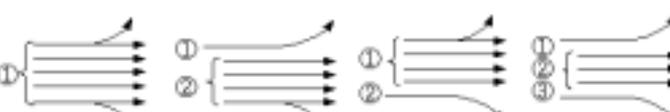
만약 앞의 $(v/s_o)_{TR}$ 의 값이 $(v/s_o)_L$ 보다 작으면 실질적 전용 좌회전 차로군이 존재하고 직진과 우회전은 하나의 차로군으로 묶인다.

여기서 유의할 것은 식 (1)의 분모는 공용차로를 회전이동류만 이용한다고 가정할 때의 포화교통량이다. 이 공용차로를 직진도 같이 이용하게 될 때의 포화교통량은 이와는 다른 값을 갖는다. 이 값은 나중에 계산된다.

전용 좌회전차로의 유무 및 차로수에 따른 가능한 차로군 조합은 <그림 4.2>와 같다.

(나) 포화교통량 산정

차로군이 분류되면 각 차로군 별로 포화교통량을 산정한다. 이상적인 조건에서의 포화교통량으로 2,200 pcphgpl 값을 사용한다. 그러나 도로 및 교통조건이 이상적이 아닌 실제 현장의 조건에서는 포화교통량이 이 값보다 적으므로(따라서 포화차두시간은 길어짐), 현장에서 최소방출차두시간, 즉, 포화차두시간을 직접 측정하여 3,600에서 이 값을 나누어 포화교통량을 계산하거나, 아니면 도로용량편람의 신호교차로의 용량 및 서비스 수준 분석에서 설명한 방법으로 수리모형을 이용해서 구할 수도 있다. 이 보정과정에는 대형자동차에 대한 보정은 물론이고, 차로폭 및 경사에 대한 보정도 포함된다. 좌회전 및 우회전이 포함된 차로군은 좌회전 자체의 영향, 버스, 주차, 횡단보행자의 영향 등도 포함된다.

차로수*	차로별 이동류	가능 차로군 조합
2	 <p>case 1,3</p>	
	 <p>case 4,6</p>	
3	 <p>case 1,3</p>	
	 <p>case 4,6</p>	
4	 <p>case 1</p>	
	 <p>case 4</p>	
	 <p>case 5</p>	

주) * 전용좌회전차로를 포함한 차로수로서 분석에서 사용하는 차로수와는 다르다.

<그림 4.2> 차로별 이동류와 가능 차로군

(다) 소요 현시율 계산

차로군별 포화교통량이 구해지면 각 차로군에 대한 소요 현시율을 구한다. 소요 현시율은 설계시간 동안의 실제도착교통량(설계교통량)을 포화교통량으로 나눈 값이다. 이와 같은 값들을 각 차로군에 대한 교통량비라고 하며 v/s 로 나타낸다.

여기서 유의해야 할 것은 좌회전 전용차로를 갖는 도로는 좌회전 신호운영에 융통성이 많으나 공용 좌회전차로가 있는 도로는 반드시 동시신호로 운영되어야 한다.

(3) 황색시간 결정

녹색신호 다음에 오는 황색신호의 목적은 신호를 보고 오는 자동차에게 곧 정지신호가 온다는 것을 예고하고 미리 대비하기 위한 것이다. 이 시간은 교차도로의 자동차가 움직이기 이전에 이미 진행하고 있는 자동차들이 교차로를 완전히 빠져나가는 데 필요한 시간이어야 한다. 이론적으로 이 시간의 길이는 한 자동차가 교차도로의 폭과 안전 정지거리를 합한 거리를 정상적인 접근속도로 주행하는 시간이다. 다시 말하면, 만약 접근자동차가 신호가 황색으로 바뀔 때 정지선에서부터 안전정지거리 바로 안쪽에 있었다면, 교차도로의 교통이 녹색신호를 받기 전에 그 자동차가 안전정지거리와 교차로 폭을 달릴 수 있어야 하며 이에 필요한 시간을 주어야 한다.

만약 황색시간이 너무 길면 운전자는 이 중의 일부분을 녹색신호시간처럼 사용할 우려가 있어 본래의 목적을 상실하며, 또 너무 짧아도 추돌사고를 증가시키는 위험이 따른다. 따라서 황색시간의 길이는 대단히 중요하며 이 길이는 자동차의 접근속도와 교차도로의 폭에 따라 크게 달라진다. 우리나라의 경우 일반적인 도시도로의 황색시간은 4초 이상이지만 현재 이보다 짧은 3초를 사용하는 곳이 많다.

황색신호 길이를 계산하는 공식은 다음과 같다.

$$Y = t + \frac{v}{2a} + \frac{(w+L)}{v}$$

여기서, Y : 황색시간(초)

t : 지각-반응시간(보통 1.0초)

110 평면교차로 설계 지침

v : 교차로 진입자동차의 접근속도(m/초)

a : 진입자동차의 임계감속도(보통 5.0 m/초²)

w : 교차로 횡단길이(m)

l : 자동차의 길이(m)

여기서 a 는 임계감속도로서 정상적인 속도로 교차로에 진입하려고 하는 자동차가 앞에 다른 자동차가 없는 상태에서 황색신호가 나타날 때, 그래도 진행할 것인지 아니면 정지할 것인지를 결정하는 기준이 된다. 운전자가 황색신호를 본 후, 정지하려고 할 때 이 값보다 큰 감속도가 요구되면 진행을 하고 이보다 작은 감속도로 정지할 수 있으면 정지하는 경계값이다. 이를 최대수락감속도라 부르기도 한다.

운전자는 운전하면서 느끼는 노면상태와 정지선까지의 거리를 판단하여 그 거리가 임계감속도를 사용하여서도 정지선 이전에서 정지할 수 없으면 그대로 진행한다. 이 감속도는 중력의 가속도에다 타이어·노면간의 최대마찰계수(미끄럼 마찰계수)보다 조금 작으면서, 통상적인 정지 때 적용되는 마찰계수보다 훨씬 큰 마찰계수를 곱하여 얻는다. 일반적으로 그 값은 0.5 정도이다.

도로의 기하설계를 위한 정지시거 계산에서의 마찰계수는 젖은 노면을 기준으로 하지만, 교차로의 황색신호 계산에서는 젖은 노면을 기준으로 하면 황색시각이 너무 길어지므로 건조한 노면을 기준으로 한다.

매우 넓고 복잡한 교차로에서는 6초 이상의 황색신호가 필요한 경우도 있으나 그렇게 되면 교차도로에서 신호변화를 기다리는 운전자가 짜증스러워 녹색신호가 나오기 전에 출발하는 경향이 있다. 이와 같은 경우에는 4~5초 정도의 황색신호를 준 후에 1~2초 정도의 전적색(全赤色) 신호를 주어 교차도로의 교통이 출발하기 전에 교차로 내의 자동차를 효과적으로 완전히 정리한다.

(4) 현시의 결정

신호교차로를 효율적으로 운영하기 위한 현시의 수는 접근로의 수와 교차로 형태뿐만 아니라 교통류의 방향과 교통구성에 따라 결정된다.

가장 기본적인 현시는 두 개로서, 교차하는 두 도로에 교대로 통행우선권을

부여하는 것이다. 좌회전 교통량이 많거나 보행자 교통량이 많은 교차로 혹은 접근로가 4개보다 많은 교차로는 자동차간 또는 자동차와 보행자간의 상충을 줄이기 위해 3개 이상의 현시를 사용한다. 현시는 수가 많아지면 주기가 길어져 지체가 커지고 손실시간이 많아지므로 바람직하지 않다.

그러므로 최적 현시방법을 찾기 위해서는 접근로의 좌회전 전용차로 설치 여부와 함께 여러 가지 현시방법을 비교해야 한다. 좌회전 전용차로가 있는 경우의 좌회전 통제방식은 어떤 방법을 사용해도 무방하다. 그러나 좌회전 공용차로가 있는 경우에는 동시신호, 비보호 좌회전 및 좌회전금지 방식 중에서 하나를 선택해야 한다.

만약 직진중첩동시신호 방식(동시신호→직진→동시신호)으로 운영한다면, 동시신호가 끝난 후 공용차로에 좌회전 자동차가 한대라도 남아 있을 경우 그 다음 양방향 직진신호에서 직진이 그 차로를 이용할 수가 없으므로, 중첩현시는 비효율적이다.

(가) 좌회전 전용차로가 있는 접근로

좌회전 전용차로가 있는 경우의 최적 현시방법은 중첩현시방법 또는 단순현시 방법을 이용하여 찾아낸다. 중첩현시방법이란 한 현시에서 어느 이동류가 다 해소되었을 때(그 현시가 불필요할 때) 그와 상충되는 이동류의 신호를 조기에 표시하는 방법으로서, 한 이동류의 현시가 두 신호간격에 걸쳐 중첩이 된다. 이러한 중첩이 두 도로에 대해서 각각 독립적으로 이루어지므로 이를 중첩현시 방법이라고도 한다. 반면에 단순현시 방법이란 어떤 현시에서 어느 한 이동류의 수요가 없어도 그와 상충되는 이동류의 신호를 사용할 수 없는, 중첩신호가 없는 경우이다. 이때는 두 도로(4접근로)에 대한 현시가 한꺼번에 고려되며 중첩이 없는 단순현시이다.

■ 중첩현시 방법

어떤 현시에서 어느 한 이동류의 녹색시간이 더 이상 필요가 없으면 즉시 이를 중단하고 이와 상충되는 이동류에 녹색시간을 부여하는 방법이다.

■ 단순현시 방법

중첩현시를 사용하지 않을 경우, 단순현시 방법을 이용하면 동시신호 방법보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있다. 적절한 단순현시를 구하는 방법은 다음과 같다.

한 도로 두 접근로 상에 있는 4개 이동류의 v/s 비 값의 크기를 비교해서 그 중 가장 큰 값과 두 번째로 큰 값을 갖는 이동류가

- ① 두 접근로의 같은 이동류이면(직진과 직진 또는 좌회전과 좌회전이면), 선행 또는 후행양방 좌회전이 좋다.
- ② 어느 한 접근로의 두 이동류이면(한 접근로의 직진과 좌회전이면), 동시신호가 좋다.
- ③ 두 접근로의 상충이동류이면(직진과 대향 좌회전이면), 앞의 두 가지 중 어떤 것을 사용해도 좋다. 그러나 보행자신호시간을 많이 확보하기 위해서는 가장 큰 현시율이 직진이나 좌회전이나에 따라 각각 앞의 ①, ② 방법을 사용한다.

중첩현시나 단순현시에서 만약 실질적 전용우회전 차로군이 존재한다면 이 차로군은 다른 차로군과 상충되지 않으므로 모든 현시에 우회전이 가능하다. 따라서 현시율의 합은 증가되지 않으나 횡단보행시간이 줄어들 수 있으므로 유의해야 한다.

(나) 좌회전 공용차로가 있는 접근로

좌회전 공용차로가 있는 경우의 최적 현시방법은 동시신호와 비보호 좌회전 방법 중에서 효율적인 방법, 즉, 가능한 현시조합에서 임계차로군의 v/s 비의 합이 작은 것을 선택한다.

(5) 주기의 결정

신호시간계획의 주된 목적은 교차로와 도로구간 내에서의 지체와 혼잡을 최소화하며 모든 도로이용자의 안전을 도모하기 위한 것이다. 교통신호가 실제 교통의 요구 사항을 최대한 만족시킬 때 비로소 효율성을 갖는다.

일반적으로 짧은 주기는 정지해 있는 자동차의 지체를 감소시키므로 더 좋고 할 수 있다. 그러나 교통량이 커질수록 주기는 길어야 한다. 따라서 교통량에 따라 적정주기가 결정이 되나, 어떤 주어진 교통량에서 적정주기보다 짧은 주기는 이보다 긴 주기 때보다 더 큰 지체를 유발한다. 주기는 보통 30~120초 사이에 있으며 교통량이 매우 많은 경우에는 140초까지 사용하기도 한다. 교통량이 매우 적고 직각으로 교차하는 두 도로폭이 9~12m 정도일 때의 주기는 35~50초이면 충분하다. 교차도로의 폭이 넓어 보행자 횡단시간이 길거나 교통량이 매우 크고 회전교통량이 많으나 2현시로 처리될 수 있으면 45~60초 정도의 주기가 필요하다. 교차하는 도로의 숫자가 많거나 현시수가 증가하면 적정 주기는 길어진다.

교통량이 크면 이를 처리하기 위한 녹색시간이 길어지므로 주기가 길어진다. 긴 주기는 단위시간당 황색시간으로 인한 손실시간이 적어지기 때문에 이용 가능한 녹색시간의 비율이 커지므로 용량이 커진다.

주기의 길이는 90초 이하에서 5초 단위로, 90초 이상의 주기에서는 10초 단위로 나타내며 통상 120초보다 큰 주기는 잘 사용하지 않는다.

최적주기란 지체를 최소화시키는 주기를 말한다. 녹색신호 때 통과시켜야 할 자동차 대수는 적색신호에서 기다리는 자동차뿐만 아니라 녹색 및 황색시간 때에 도착하는 자동차도 통과시켜야 한다. 다시 말하면 한 주기 동안에 도착하는 모든 자동차대수를 녹색시간에 통과시켜야 한다. 그러므로 녹색신호 때 통과시켜야 할 자동차대수를 결정하기 위해서는 주기의 길이를 알아야 한다.

(가) 임계차로군 방법

그린필드(Greenshields)의 방법으로 관측한 정지선 방출 차두시간을 이용하여 최소신호주기를 계산하는 공식은 다음과 같다. 이 공식은 2현시인 네갈래교차로에 대한 것이다.

$$C_{\min} = \frac{Y_1 + Y_2 + 2(0.3)}{1 - \left(\frac{N_1}{s_1} + \frac{N_2}{s_2} \right)} = \frac{L}{1 - \sum y_i}$$

여기서, C_{\min} : 최소 주기길이(초)

Y_1 : 주도로 접근로에서의 황색시간(초)

Y_2 : 교차도로 접근로에서의 황색시간(초)

N_1 : 주도로 접근로에서 임계차로군의 첨두 15분 교통류율(대/시)

N_2 : 교차도로 접근로에서 임계차로군의 첨두 15분 교통류율(대/시)

s_1 : 주도로 임계차로군의 포화교통량(vphg)

s_2 : 부도로 임계차로군의 포화교통량(vphg)

L : 주기당 손실시간(초)

y_i : i 현시 때 임계차로군의 교통량비, 교통수요/포화교통량

이와 같이 해서 구한 주기는 첨두 도착교통량을 처리할 수 있는 용량을 제공하는 최소주기이다. 또 교차로 전체의 임계 v/c 비의 정의에 의하여 앞의 식을 다시 쓰면 $X_c = \frac{C}{C-L} \sum y_i = 1.0$ 이므로, 임계차로 교통량을 기준으로 한 교차로 전체의 포화도를 1.0으로 하는 주기이다.

(나) 웹스터 방법

웹스터(Webster)는 지체를 최소로 하는 주기를 구하기 위하여 다음과 같은 공식을 만들었다.

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^n y_i}$$

여기서 C_o 는 지체를 최소로 하는 최적주기(초)이다. 이 방법은 임계 v/c 비(교차로 전체의 v/c 비)가 0.85~0.95인 경우에 해당된다. 만약 임계 v/c 비가 1.0이면 논리적으로 $C_o = \frac{L}{1 - \sum y_i}$ 이다.

임계차로군 방법으로 구한 주기는 교차로 전체의 임계 v/c 비가 1.0이 되는 최소주기인 반면에 웹스터 방법으로 구한 주기는 교차로 전체의 임계 v/c 비가 0.85~0.95 사이에 놓이게 하는 지체를 최소화하는 적정주기이다.

만약 이렇게 계산한 적정주기의 값이 140초를 넘으면 좌회전을 금지하거나 지하차도 건설 등 교차로의 물리적인 개선을 검토하는 방안을 강구해야 한다.

(6) 최소녹색시간 계산

신호시간의 일반적인 원칙으로 자동차를 위한 녹색신호는 적색신호에서 기다리고 있던 보행자군이 안전하게 횡단하는 데 필요한 시간보다 짧아서는 안 된다. 보행녹색신호 시작부터 보행자군의 후미가 모두 차도로 내려서기까지의 시간은 $1.7(n/w-1)$ 초로 계산하되, 그 최소값은 횡단보행자수가 주기당 10명 이상이면 7초, 그 보다 적으면 4초를 사용한다(최소 초기녹색시간). 여기서 n 은 한 주기당 한 방향 동시횡단 사람수이며 w 는 횡단보도폭으로서 한 사람이 1m를 차지하면서 앞 뒤 사람의 간격을 1.7초로 본 것이다.

보행자군의 후미그룹이 안전하게 횡단하려면, 후미그룹이 횡단을 시작하고부터 횡단을 금지하기 위한 녹색점멸이 필요하므로 $L/1.2$ 초의 녹색점멸 시간이 더 필요하다. 여기서 L 은 횡단길이(m), 1.2는 보행자 속도(m/초)이다.

그러나 실제 녹색점멸시간은 이 값에서 자동차의 황색시간을 뺀 값을 사용하는 것이 일반적이다. 즉, 자동차의 황색신호가 켜질 때 보행자 신호는 적색이 켜지도록 하여 자동차의 황색신호가 끝날 때는 후미의 보행자가 횡단을 완료하게 한다.

(7) 주기의 분할

주기 내에서의 각 현시 당 녹색시간은 임계차로군의 현시율에 비례해서 할당한다. 이와 같은 개념은 각 현시의 임계차로군이 동등한 서비스 수준을 갖도록 하는 데 근거를 둔 것이다.

녹색시간을 할당할 때 교통량이나 도착 교통 패턴 이외에도 보행자 횡단이나 교차로의 구조적 제약사항 등을 함께 고려해야 할 필요가 있다.

(가) 단순현시 방법

각 현시의 유효녹색시간은 주기 당 유효녹색시간을 각 현시의 임계차로군의 v/c 비에 비례해서 분할하여 얻는다. 또 각 현시의 실제 녹색시간은 유효녹색시

간에다 출발손실시간과 진행연장시간의 차이만큼을 더하여 얻는다.

이렇게 해서 얻은 실제 녹색시간이 이 현시 때 횡단하는 보행자의 최소녹색시간보다 길어야 한다. 만약 그렇지 않으면 자동차용 실제 녹색시간을 횡단보행자의 최소녹색시간만큼 연장해야 한다.

(나) 중첩현시 방법

각 현시의 유효녹색시간을 구한 후 중첩되는 차로군의 v/c 비를 합하여 출발손실시간과 진행연장시간의 차이만큼을 더하여 실제 녹색시간을 얻는다. 이 시간은 이 현시 때 횡단하는 보행자의 최소녹색시간보다 길어야 한다. 만약 그렇지 않으면 자동차용 실제 녹색시간을 횡단보행자의 최소녹색시간만큼 연장해야 한다.

1.2m 이상의 중앙분리대가 있는 도로에서는 한 현시의 보행자 횡단을 연석에서부터 중앙분리대까지 가는 시간으로 하되, 만약 그 신호등이 보행자 작동 신호이면 중앙분리대에 보행자 작동 검지기를 설치할 수도 있다.

만약 어느 현시의 녹색시간이 보행자 횡단을 고려한 최소녹색시간보다 작으면, 그 현시의 녹색시간을 최소녹색시간과 같게 연장을 하고 다른 현시의 녹색시간도 같은 비율로 증가시킨다. 물론 이렇게 하면 주기가 길어질 것이나, 주기가 140초보다 크다면 현시수를 줄여서 신호시간을 다시 계산해야 한다.

나. 평균제어지체 계산 및 서비스수준 결정

(1) 평균제어지체

평균제어지체는 교차로의 분석기간 동안에 도착한 자동차에 대한 것으로, 접근부의 감속지체 및 정지지체, 출발시의 가속지체를 모두 합한 접근지체를 말하며 분석기간 시작 전에 남아 있는 대기행렬에 의한 영향도 포함된다. 어느 차로군의 자동차 당 평균제어지체를 구하는 공식은 다음과 같다.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

여기서, d : 자동차 당 평균제어지체(초/대)

d_1 : 균일 제어지체(초/대)

PF : 신호연동에 의한 연동계수

- d_2 : 임의도착과 과포화를 나타내는 증분지체로서 분석기간 바로 앞 주기 끝에 잔여자동차가 없을 경우(초/대)
- d_3 : 분석기간 이전의 잔여 대기 자동차에 의하여 분석기간에 도착하는 자동차가 받는 추가지체(초/대)이며, 지방지역 도로에서는 0으로 봄

(가) 균일지체

주어진 교통량이 교차로에 정확하게 일정한 차두간격으로 도착한다고 가정할 때의 자동차 당 평균지체를 말하며, 다음과 같은 확정모형으로 구할 수 있다.

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]}$$

여기서, C : 주기(초)

g : 해당 차로군에 할당된 유효녹색시간(초)

R : 적색신호 시간(초)

y : 교통량비

S : 해당 차로군의 포화교통량

(나) 증분지체

증분지체(incremental delay)는 비균일 도착에 의한 임의지체와 분석기간 내에서 몇몇 주기 과포화현상에 의한 과포화지체를 포함한다. 따라서 분석기간의 시작과 끝 부분에는 잔여 대기행렬이 없는 상태이다. 어느 차로군의 증분지체는 그 차로군의 포화도(X), 분석기간의 길이(T) 및 그 차로군의 용량(c)에 크게 좌우된다. 다음 식은 증분지체를 구하는 식으로, 이때 X 는 1.0보다 큰 값을 가질 수도 있다.

$$d_2 = 900 T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$$

여기서, T : 분석기간 길이(시간)

X : 분석기간중의 해당 차로군의 포화도

c : 분석기간중의 해당 차로군의 용량(대/시)

(다) 연동계수(PF)

신호교차로에서의 지체는 연속적인 자동차의 흐름이 어느 정도 원활한가에 의하여 크게 좌우된다. 가령 도착교통량이 거의 용량에 도달할 정도로 많아도 교통류가 연속적으로 잘 진행하도록 신호의 연동이 잘 맞추어진 경우 개별 자동차가 느끼는 지체는 그다지 크지 않으며, 반대로 도착교통량이 용량에 훨씬 못 미치더라도 교차로간의 신호연동이 좋지 않은 경우 개별 자동차가 받는 지체는 매우 클 수가 있다. 특히 연동효과는 앞에서 설명한 균일지체에 가장 크게 작용하므로 연동계수는 균일지체에만 적용된다.

이 연동계수는 연동의 효과를 나타내는 모든 이동류에 대해서 적용한다. 정확히 말하면, 연동의 주된 대상이 되는(주로 직진) 이동류와 동일한 신호현시에 진행되는 모든 이동류들에 적용한다. 동일한 현시에 움직이는 이 이동류들이 같은 차로군이든 다른 차로군이든 상관없이 같은 연동계수가 적용된다. 따라서 동시신호의 경우 모든 이동류가 동시에 진행하므로 모두 연동계수를 적용한다. 만약 직진교통을 연동시킬 때, 좌회전 이동류가 직진과 다른 현시에서 움직인다면, 이 좌회전은 연동효과를 적용하지 않고 연동계수를 1.0으로 사용한다. 일반적으로 공용 우회전차로는 직진과 같은 현시에서 진행하므로 직진과 같은 연동계수를 적용한다.

정주기신호에서 연동계수는 옅셋 편의를 TVO와 유효녹색시간비 (g/C)로 부터 <표 4.6>을 이용해서 보간법으로 구한다. 이 표에서 옅셋 편의를 TVO는 다음과 같이 계산한다.

$$TVO = \frac{T_c - offset}{C}$$

여기서, TVO : 옅셋 편의율

C : 간선도로의 연동에 필요한 공통주기(초)

g : 연동방향 접근로의 유효녹색시간(초)

T_c : 상류부 교차로의 정지선에서부터 분석 교차로의 정지선까지의 구간길이를 순행속도로 나눈 값. 즉, 상류부 링크의 순행시간(초)

$offset$: 상류부 교차로와 분석 교차로 간의 연속진행방향 녹색신호 시작시간의 차이(초). 주기보다 작은 값 사용

<표 4.6> 정주기신호 연동계수 (PF)

TVO	g/C								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	1.04	0.86	0.76	0.71	0.71	0.73	0.78	0.86	1.06
0.1	0.62	0.56	0.54	0.55	0.58	0.64	0.72	0.81	0.92
0.2	1.04	0.81	0.59	0.55	0.58	0.64	0.72	0.81	0.92
0.3	1.04	1.11	0.98	0.77	0.58	0.64	0.72	0.81	0.92
0.4	1.04	1.11	1.20	1.14	0.94	0.73	0.72	0.81	0.92
0.5	1.04	1.11	1.20	1.31	1.30	1.09	0.83	0.81	0.92
0.6	1.04	1.11	1.20	1.31	1.43	1.47	1.22	0.81	0.92
0.7	1.04	1.11	1.20	1.31	1.43	1.56	1.63	1.27	0.92
0.8	1.04	1.11	1.20	1.31	1.43	1.47	1.58	1.76	1.00
0.9	1.04	1.11	1.15	1.08	1.06	1.09	1.17	1.32	1.59
1.0	1.03	1.01	0.89	0.80	0.74	0.71	0.71	0.81	1.08

주: 1) 연동시스템에 속하지 않는 교차로, 또는 연동이동류(주로 직진)의 현시와는 다른 현시에 진행되는 이동류(주로 양방 분리 좌회전)에 대해서는 1.0 적용

만약 TVO가 1.0보다 크거나 0보다 작으면, 적절한 값의 정수를 빼거나 더하여 TVO의 값이 0~1.0 사이의 값을 갖도록 한다.

(2) 지체 종합 및 서비스 수준 결정

신호교차로의 각 차로군의 자동차 당 제어지체가 결정되면, <표 4.7>을 이용하여 각 차로군별 서비스 수준을 결정하고, 각 접근로의 제어지체는 차로군별 제어지체를 교통량에 관하여 가중평균하여 구하고 서비스 수준을 구한다. 또 각 접근로의 제어지체를 교통량에 관하여 가중 평균하여 교차로의 평균제어지체를 구하고 서비스 수준을 결정한다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$d_A = \frac{\sum d_i V_i}{\sum V_i}$$

$$d_I = \frac{\sum d_A V_A}{\sum V_A}$$

여기서, d_A : A접근로의 자동차당 평균제어지체(초/대)

d_i : A접근로 i 차로군의 자동차당 평균제어지체(초/대)

V_i : i 차로군의 보정교통량(대/시)

d_I : I교차로의 자동차당 평균제어지체(초/대)

V_A : A접근로의 보정교통량(대/시)

<표 4.7> 교차로의 지체와 서비스 수준

서비스 수준	자동차당 제어지체
A	≤ 15초
B	≤ 30초
C	≤ 50초
D	≤ 70초
E	≤ 100초
F	≤ 220초
FF	≤ 340초
FFF	> 340초

(3) 교차로 전체 임계 v/c 비

임계 v/c 비는 교차로 전체의 v/c 비로서 다음과 같은 식으로 나타낸다.

$$X_c = \frac{C}{C - L} \times \sum_j (v/s)_j$$

이 값은 주기길이가 주어졌을 때 교차로 전체의 현시의 적정성을 평가하는데 사용된다. 임계 v/c 비가 1.0보다 클 경우, 현시계획을 바꾸면 그 값을 1.0 이하로 줄일 수 있다. 그러나 교통량이 전반적으로 클 경우는 신호시간을 최적 화해도 이 값이 1.0을 넘는다.

다. 교차로 좌·우회전 통제

교차로의 회전통제방법은 보호 회전신호를 설치하는 방법, 회전을 금지시키

는 방법, 비보호 좌회전방법이 있다. 이와 같은 회전통제방법은 주로 좌회전교통에 대한 것으로서 그 통제의 목적은 교차로에서 자동차-자동차, 또는 자동차-사람간의 상충을 줄이고 사고 위험성을 감소시키며, 자동차의 지체를 줄이고 교차로 용량을 증대시키는데 있다.

(1) 통제방식과 현시

교차로 좌회전통제 방식의 결정은 결국 현시방법의 문제로 귀착된다. 예를 들어 네갈래교차로에서 비보호 좌회전 및 좌회전 금지방식은 2현시이며 보호 좌회전 방식은 4현시 또는 그 이상이다. 사용되는 현시 수에는 제한이 없지만 될수록 적은 것이 좋다(특히 정주기신호에서). 3현시 이상은 주기와 지체가 길어진다. 왜냐하면 다른 현시의 가용 녹색시간이 감소되기 때문이다. 또 출발 지연, 증가되는 황색시간 및 긴 주기 등에 의하여 교차로 효율이 감소된다. 적절한 시간계획으로 운영되는 다현시 교통감응신호를 사용하면 이와 같은 바람직하지 못한 영향을 제거할 수 있다.

현시 수를 결정함에 있어서 안전성을 증대하는 것과 용량을 증대하는 것은 서로 상충되는 수가 많다. 예를 들어 많은 경우 보호 좌회전은 비보호 좌회전에 비하여 안전하기는 하나 현시 수의 증가로 인해 주기가 길어지며 신호체계상의 연속진행을 방해하고 지체 및 정지수가 증가한다. 이와 같은 효과는 다시 교통성이나 지체 및 연료소모에 영향을 미치며 결과적으로 모든 교통의 안전성을 감소시킬 수도 있다. 일반적으로 좌회전과 대향 직진 교통량이 증가하면 좌회전이 회전하기 위한 대향직진 내의 수락간격을 발견할 수 없는 시점에 도달한다. 따라서 좌회전 자동차의 대기행렬이 생기므로 같은 접근로를 이용하는 직진교통의 효율을 저하시킨다.

좌회전 전용차로를 설치하면 수락간격을 기다리는 자동차가 대기하는 공간이 있으므로 이 문제는 해결되나 그렇더라도 이 시점에 이르면 보호 좌회전 신호방식을 검토해야 한다. 또 다른 해결책으로는 좌회전을 전면 금지하거나 교차로 구조를 개선하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 좌회전 금지는 편리한 우회도로가 있을 때만 가능하다. 예를 들어 교차로 간격이 균일한 주요 간선도로에서 신호등을 하나 건너씩 설치하여 비보호 좌회전을 시키는 방법이다. 이 때 비신

호교차로에서의 좌회전은 대향직진 교통의 자동차군 사이를 이용한다. 이 기법은 주 간선도로와 교차하는 도로가 교통량이 적은 국지도로의 역할을 할 경우에만 효과적일 수 있다.

(2) 비보호 좌회전 통제방식

비보호 좌회전은 교통량이 비교적 적은 교차로에서 사용되는 방법이다. 두 도로가 만나는 교차로인 경우 2현시로 운영되므로 주기가 짧고 지체가 적어 효과적이다. 교통량이 증가하여 좌회전이 반대편의 직진 간격을 이용하여 회전하기가 어려워지면 좌회전에 대한 별도의 통제대책, 회전을 금지하거나 별도의 신호를 사용하는 등의 방법을 강구해야 한다.

비보호 좌회전을 더욱 효율적으로 운영하기 위해서는 좌회전 전용차로를 설치한다. 이 전용차로는 좌회전 교통량이 많거나 또는 대향 직진 교통량이 많아 좌회전 대기행렬이 크게 발생하는 곳에 설치해 줌으로써, 같은 접근로의 직진 교통이 방해받지 않게 된다. 좌회전 전용차로의 설치에는 교차로 접근로의 폭을 그 만큼 증가시켜야 할 필요성이 제기되나 대부분의 좁은 도시지역 교차로에서는 이를 설치할 수 없는 곳이 많다.

비보호 좌회전의 허용에 관한 기준은 우리나라 신호기 설치타당성에 대한 기준(5)과, 이와 유사한 방법을 이용해서 도로용량편람에 근거하여 산정하는 결과가 있으나 두 결과는 다소의 차이를 보인다.

미국은 별명이 없는 한 녹색신호에서 비보호 좌회전 방식을 사용하고 있으므로, 어떤 조건 이상이면 보호 좌회전을 사용하도록 한다. 이러한 기준을 반대로 해석하여 이 기준 이하에서 비보호 좌회전을 허용하는 비보호 좌회전 기준으로 사용할 수 있다. 그 기준은 다음과 같다.

(가) 교통량 기준

- 좌회전 교통량과 이에 상충하는 직진교통량의 곱이 첨두시간에 100,000대보다 적을 때
- 첨두시간 좌회전 교통량이 100대보다 적을 때
- 비보호 좌회전에서 녹색신호가 끝난 후 한 접근로, 한 주기당 1대 이하

의 좌회전 자동차가 남아있을 때(정주기신호에서)

- 직진교통의 속도가 70km/시 이하이고 첨두시간의 좌회전 교통량이 50대/시보다 적을 때

(나) 지체기준

- 좌회전 자동차의 지체가 2주기 이하일 때
- 1시간 동안 1주기 이상 지체하는 좌회전 자동차가 없을 때

(다) 교통사고 기준

- 연간 좌회전 교통사고가 4건 이하일 때

교차로 신호현시 방법은 좌회전 전용차로 유무, 접근로 폭, 방향별 교통량의 크기에 따라 탄력적으로 선택할 필요가 있다. 예를 들어 좌회전 전용차로가 없을 경우에는 좌회전 전용신호를 사용해서는 안 되며, 접근로 폭이 좁으면 동시신호를 사용하면 효과적이다.

(3) 보호 좌회전 통제방식

비보호 좌회전으로 처리하지 못할 정도로 직진 및 좌회전 교통량이 많으면 보호 좌회전통제방식을 사용한다. 이 방법을 사용하면 주기가 길어지므로 다른 자동차나 보행자의 지체가 증가하지만 회전금지 방식보다는 좋은 통제방식이다.

보호 좌회전은 양방좌회전 또는 동시신호를 직진현시와 조합하여 사용한다. 우리나라에서 사용되는 가장 일반적인 보호 좌회전은 선행양방좌회전 방식이다. 그러나 이때는 좌회전 전용차로가 필요하다. 그러나 좌회전 전용차로가 없으면서 이와 같은 통제방식을 사용하고 있는 곳이 간혹 있으나 이는 바람직하지 않다.

(4) 좌회전금지 통제방식

좌회전금지는 교통량이 많은 주요 도로상의 교차로에 많이 사용되는 통제방법이다. 한 교차로에서 좌회전을 금지하려면 그로 인한 영향이 부근의 다른 교차로로 과급된다는 것을 고려하지 않으면 안 된다. 또 금지되는 좌회전 교통이

대신 이용할 수 있는 대체노선이 있어야 하며, 그와 같은 노선을 검토하기 위해서는 주위의 교통량과 교통류 패턴을 조사할 필요가 있다.

좌회전 교통량이 많다고 좌회전을 금지해서는 안 되며 적극적으로 이 좌회전 교통을 처리하기 위한 모든 가능한 방법을 찾으려 노력해야 한다. 통상 전반적인 교통량이 많으면서도 좌회전 교통량의 비율이 크면 좌회전 전용신호를 사용하여 처리한다.

일반적으로 통용되는 좌회전 금지에 대한 기준은 없지만 미국의 몇 개 도시에서 사용되는 기준을 소개하면 다음과 같다.

- ① 총 접근교통량 중에서 좌회전이 전체의 20% 이상
- ② 도로 전체 교통량 중에서 좌회전이 전체의 10% 이상
- ③ 네갈래교차로에서 횡단해야 하는 대향직진교통량이 차로수에 관계없이 하루 15,000대 이상
- ④ 좌회전한 후 횡단보도를 이용하는 횡단보행자 수가 2,000 인/시 이상
- ⑤ 600 대/시 이상의 자동차가 횡단보행자와 상충되면서 보행자수가 1,000명/시 이상
- ⑥ 좌회전 교통량이 주기당 평균 7대 이상
- ⑦ 좌회전으로 인한 연간 교통사고건수가 3건 이상

(5) 우회전 통제

우리나라에서는 현재 보행자 신호기 옆에 우회전용 자동차 신호기를 사용하고 있는 곳이 많다. 이 신호는 그 접근로를 횡단하는 보행자 신호가 녹색일 때만 적색이며 그 나머지 시간은 모두 우회전 신호지시를 나타낸다. 우회전 후에 교차 접근로의 횡단보도 신호가 녹색신호를 나타내는 경우에는 정지했다가 보행자간의 간격을 이용하여 우회전을 완료한다. 따라서 이 우회전 신호는 우회전 전용신호가 아니라 우회전 허용신호라 볼 수 있다.

우회전 금지는 통상 보행자와 자동차의 상충이 아주 심한 곳에 사용되는 통제방법이다. 우회전 교통이나 또는 직진교통이 사고위험성이나 지체 또는 혼잡을 일으킬 가능성이 높을 때 우회전 금지를 할 수도 있다. 그러나 우회전 전용신호나 또는 제한정도가 적은 대책을 강구함으로써 가능하면 우회전 금지방법

을 사용하지 않는 것이 좋다.

4.2.3 교통감응 신호기

- 가. 교통감응신호기는 접근로에 설치된 검지기로부터 얻은 실시간 교통량에 따라 통행권이 할당되며, 주기 및 녹색시간 길이와 현시순서가 끊임없이 조정되며, 경우에 따라서는 교통수요가 없는 현시는 생략되기도 한다.
- 나. 교통감응신호기는 부도로 교통량이 매우 적을 경우에 검토하여 설치한다.
- 다. 보행자 작동 신호기는 주도로의 교통량은 많으나 보행자가 적은 경우에 검토하여 설치한다.

【해설】

교통감응신호기를 설치하기 위한 준거는 정주기신호 때와 같다. 그러나 이 신호기는 정주기신호기와는 달리 불필요한 지체를 야기시키지 않으므로 정주기신호의 설치 준거에 미달하는 곳에 설치해도 무방하다. 이 신호기는 또 도로 중간구간의 횡단보도나 한번에 한 방향으로만 횡단할 수 있는 좁은 횡단로에 설치하면 좋다.

가. 반감응 신호기

이 제어방식은 교통량이 많고 고속의 간선도로와 그 반대의 특성을 가진 도로가 만나는 교차로에 주로 사용한다.

이와 같은 제어방식은 교통량이 적은 부도로 교통이 신호등 없이는 주도로 교통을 횡단할 수 없는 교차로에 설치하면 좋다. 부도로 교통이 산발적으로 도착함에도 불구하고 주도로의 교통류를 정주기신호를 이용하여 규칙적으로 단절시킨다면 효과가 적을 것은 당연하다.

현재 국도에서 사용하고 있는 반감응신호기는 교통량이 많은 주도로에서 교

통량이 적은 부도로로 좌회전하는 자동차와, 부도로에서 주도로로 좌회전하는 자동차를 레이저 센서로 감지하여, 좌회전하는 자동차가 있는 경우에만 좌회전 신호를 주도록 운용하고 있다. 이러한 교통여건의 교차로에 반감응신호기를 설치하게 되면 주도로의 신호에 의한 지체를 감소시키며 신호무시 등으로 인한 교통사고를 줄이는데 효과적이다.

이처럼 부도로 교통량이 매우 적은 교차로에서는 반감응신호기의 설치를 검토한다.

나. 완전감응 신호기

이 방식은 교차로의 모든 접근로에서 접근하는 자동차를 같은 비중으로 처리한다. 근본적으로 이 신호기는 접근교통량이 비교적 적고 크기가 비슷하나 짧은 시간 동안에 교통량의 변동이 심하며 접근로간의 교통량의 분포가 크게 변하는 독립교차로에 적용하면 좋다. 교통량이 큰 경우에 사용하면 마치 정주기 신호기와 거의 비슷하게 운영되기 때문에 감응신호기로서의 효과가 없다.

완전감응식 제어기는 앞과 같은 운영특성상 다른 신호기와 연동시키더라도 효과가 없다. 뿐만 아니라 이 신호기의 효과를 최대로 발휘하기 위해서는 도착 교통패턴에 영향을 미치는 인접 신호등과는 1.5km 이상 떨어져 있어야 한다.

다. 교통량-밀도 신호기

독립교차로에 대한 교통감응신호기 중에서 가장 이상적이며 교통량, 대기행렬 길이 및 지체시간에 관한 정보를 수집 기억하였다가 이를 이용하여 현시와 주기를 수시로 수정한다.

라. 도로구간 횡단보도 신호시간

지방지역 도로 주변이 도시화되어 있는 경우는 교통안전 측면에서 신호등 횡단보도를 설치하는 것이 좋다. 이 경우 횡단보행자가 없는데도 불구하고 자동차가 불필요하게 정지하는 것을 방지하기 위해 교통감응 신호기의 일종인 보행자 작동 신호기(push button)를 사용하면 효율적이다.

횡단보도 신호의 설치준거는 신호등설치 준거 2를 적용하면 좋다. 즉, 평일의

시간당 자동차 교통량이 양방향 600대 이상이며, 횡단보행자 수가 양방향 150명 이상인 때가 하루 중 8시간 이상일 경우 횡단보도 신호를 설치한다. 그러나 교통류의 85% 속도가 65km/시 이상이면 그 기준을 70% 낮게 잡아야 한다. 즉, 시간당 교통량 양방향 400대, 시간당 횡단보행자 양방향 100명 이상이면 횡단보행자 신호등을 설치해야 한다.

더욱 바람직한 것은 이 횡단보도 신호를 인접한 신호등과 연속진행이 되도록 연동시키면 교통류 단절 가능성을 더욱 줄일 수 있다. 물론 이 경우 반감응 신호의 효율이 조금은 감소되나 비교적 만족한 수준으로 운영된다. 인접 신호등과 거리가 800m 이상이면 연동효과를 기대할 수 없으므로 인접 신호등을 고려할 필요가 없다.

보행자 작동 신호기를 사용하는 경우의 신호시간 파라미터는 다음과 같다.

① 자동차 신호

- 최소녹색시간 : 60초
- 황색시간 : 3초

② 보행자 신호

- 초기녹색시간 : 2초(녹색)
- 단위연장시간 : 3초(녹색)
- 녹색점멸시간 : 횡단소요 시간으로서 횡단도로 폭(m)을 1.2로 나눈 값 - 5초
- 최대보행시간(소거시간 적색 5초 포함) : 횡단도로의 차로수가 2차로이면 15초, 4차로이면 20초

여기서 소거시간으로 녹색점멸시간에서 5초를 줄여 적색을 켜 줌으로써, 계속해서 뒤따르는 보행자의 진입을 억제하고 횡단중인 보행자를 신속히 횡단을 완료하게 하는 데 필요한 시간이다. 따라서 이 시간은 사실상 보행자 횡단시간이며, 이 때의 자동차용 신호는 적색이다.

만약 부득이 정주기신호제어기를 사용하는 경우는 최소 초기녹색시간을 4초로 하고 이 동안 녹색신호를 보낸다. 그 후 횡단에 필요한 시간에서 소거시간을 뺀 시간만큼 점멸신호를 사용하여 보행자가 더 이상 횡단을 시작하지 않도록 하며, 그 이후 적색의 소거시간을 사용하여 보행자가 빨리 횡단을 완료하게 한다.

4.2.4 신호의 연동 설계

가. 지방지역 도로상에 있는 인접 신호교차로를 연동시켜 교통류가 연속 진행을 할 수 있도록 하며, 양방향 도로에서는 중방향 교통을 위주로 연속진행을 시킨다.

나. 신호등 연동방법은 동시(同時)시스템, 교호(交互)시스템, 및 연속진행 시스템으로 나눌 수 있으며, 이 중에서 동시시스템과 교호시스템은 교차로 간격이 짧고 일정한 도시지역 교차로에 적용하며, 연속진행시스템은 주로 지방지역 교차로에 적용한다.

【해설】

지방지역 도로를 이용하는 교통류를 효율적으로 처리하기 위해서는 신호등을 연동시켜야 한다. 신호등 연동방법은 동시(同時)시스템, 교호(交互)시스템, 및 연속진행(連續進行)시스템으로 나눌 수 있으나 이 중에서 동시시스템과 교호시스템은 교차로 간격이 짧고 일정한 도시지역 교차로에 적용되는 시스템이다.

연속진행 시스템은 한 교차로에서 방출된 자동차군이 그 다음 교차로의 녹색신호 시작 순간에 도착하여 적색신호 이전에 통과를 완료하게 하되 자동차군이 분산되지 않도록 하여 지체를 줄이는 시스템으로서 지방지역 도로에 사용할 수 있다.

연속진행시스템의 장점은 다음과 같다.

- 전체 자동차가 계획된 속도에서 최소의 지체로 지속적인 주행을 하게 된다.
- 각 교차로의 교통조건에 알맞게 시간분할을 할 수 있으므로 최대한의 효율을 얻을 수 있다.
- 계획된 속도보다 높은 속도로 주행을 하면 연속진행신호에 맞지 않아 자주 정지하게 되므로 높은 속도를 내는 것을 억제시킨다.

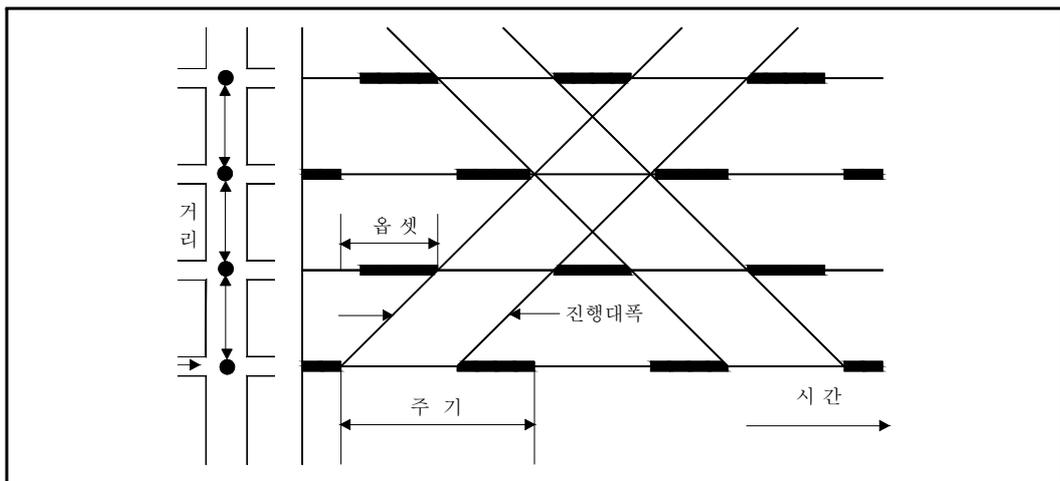
가. 연속진행 신호시간계획

간선도로 또는 도로망의 한 노선에서 가장 중요한 것은 자동차가 계속적으로 진행하면서 가능한 한 녹색신호를 효과적으로 이용하는 것이다. 그러자면 옅

은 자동차군이 정지하지 않고 움직일 수 있도록 설정되어야 한다. 이를 그림으로 나타낸 것이 시공도(時空圖: Time-Space Diagram)이다. 여기에 사용되는 용어들, 즉, 진행대, 진행대폭, 읍셋 등은 앞에서 설명한 바 있다. 진행대 속도는 간선도로 교통의 연속진행 속도를 나타내는 것으로서 진행대의 경사와 같다.

양방향 도로에서는 양방향 모두 연속진행 시키기가 어렵다. 양방향통행에서의 연속진행은 모든 교차로의 간격이 거의 일정하고, 계획된 연속진행속도에 따라 다르지만 그 간격은 300~400 m 정도이어야 효과적이다. 그러나 이러한 조건을 모두 갖추기란 어려우므로 진행대폭을 조정할 수밖에 없다.

<그림 4.3>은 시공도를 통한 교통류 제어개념을 보인 것으로서, 각 교차로의 간격이 일정하고 각 교차로의 현시시간이 일정한 이상적인 조건에서의 시공도를 나타낸다. 이러한 조건이 아니면 어느 한 방향은 진행대폭이 좁아진다.



<그림 4.3> 이상적인 조건의 시공도

나. 일방통행의 연속진행

일반적으로 양방향 간선도로에서는 교통량이 방향별로 변동을 나타낸다. 이때 교통량이 많은 쪽에 연속진행을 좋게 하고 교통량이 균등한 경우는 동등한 수준의 연속진행을 시킨다.

어느 한 쪽 방향의 연속진행만을 고려할 때, 어느 두 교차로 사이의 읍셋은 두 교차로간의 거리를 희망하는 연속진행 속도로 나눈 값과 같다.

그러나 하류부 교차로에 이미 대기하고 있는 자동차가 있으면 이들을 먼저 방출시켜야만 상류부의 자동차가 연속 진행되므로 오프셋은 달라진다. 또 상류부에 대기 자동차가 있는 경우에도 오프셋 값은 조금 변한다. 상류부와 하류부에 대기 자동차의 존재 유무에 따른 오프셋은 <표 4.8>과 같이 구한다. 여기서 L 은 교차로간의 거리(m), U 는 희망 연속진행 속도(m/초), n 은 하류부 교차로의 대기 자동차 대수이며 이 때의 대기 자동차는 평균 대기 자동차의 대수를 예측해서 사용한다.

<표 4.8> 교차로 대기상태에 따른 오프셋

교차로 대기 자동차 유무		상류부 교차로	
		대기 자동차 없음	대기 자동차 있음
하류부 교차로	대기 자동차 있음	$\frac{L}{U}$	$\frac{L}{U} + 2.5$
	대기 자동차 n대	$\frac{L}{U} - (1.7n + 2.5)$	$\frac{L}{U} - 1.7n$

다. 양방통행의 연속진행

양방통행 도로에서의 신호시간은 도로구간의 길이가 같으면 아주 간단해진다. 그러므로 새로운 도로망을 건설할 때 이와 같은 사실을 염두에 둔다면 도로운영의 효율성을 높일 수 있다. 그러나 일반적으로 신호교차로 간의 간격을 일정하지 않다.

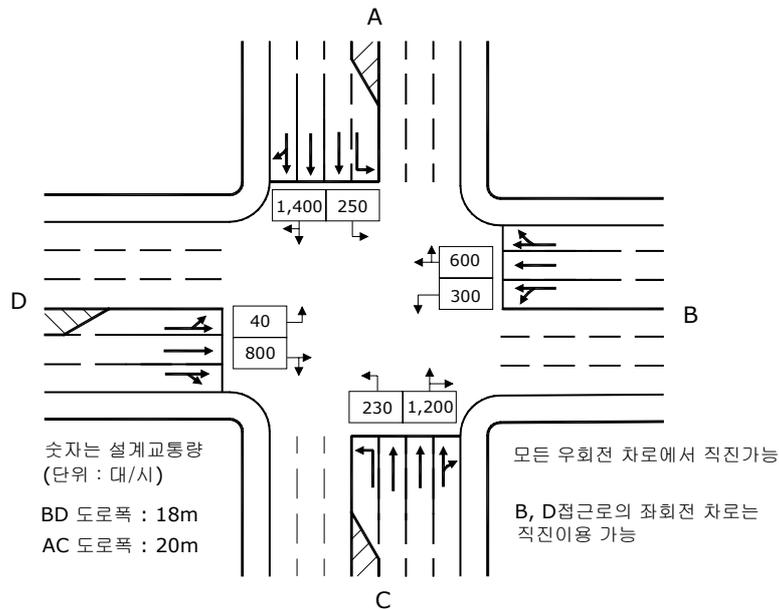
양방향 교통을 처리하는 신호시간은 통상 2가지 방법, 즉, 중방향 우대, 평형처리 중 어느 하나를 선택하여 계획된다. 연동시스템의 목표가 진행대폭을 최대로 하기 위한 것이라고 할 때 어느 한 방향을 완전히 우대하면 마치 앞에서 설명한 일방통행제의 신호와 같이 만들어 주는 것과 같다.

신호시간 계획에는 이외에도 평형처리 또는 가중처리, 시행착오에 의한 계획 및 도해법, 컴퓨터 이용 방법 등이 있다. 무엇보다 중요한 것은 적용하는 방법의 기준을 신중하게 재평가해야 한다. 예를 들어, 시스템 내부에 대기 자동차가 있는 경우에는 컴퓨터에서 얻은 최대 진행대폭을 가진 신호시간계획을 가장 좋은 신호시간계획이라고 말할 수 없다.

지방지역 도로에서의 연속진행시스템은 일반적으로 60~70km/시의 진행속도에 맞추며, 교통량과 부근 지역의 개발정도, 혼합교통, 보행자 및 횡단교통이 증가함에 따라 혹은 차로폭이 감소함에 따라 계획속도를 낮게 한다. 신호교차로간의 거리가 800m이상이면 자동차군의 분산이 심하여 연속진행의 효과는 기대하기 힘들다.

4.2.5 네갈래교차로의 신호시간 산정 및 서비스수준 분석(예제)

가. 주어진 도로 및 교통조건



- 대형자동차 혼입률 : 5%(pce=1.8)
- 간선도로(남북도로) 주행속도 : 70 km/시
- 북쪽 교차로까지 거리 : 500 m, 옵셋 25초
- 남쪽 교차로까지 거리 : 600 m, 옵셋 30초
- $E_L=1.2$, $E_R=2.4$
- 횡단보행자 많음

나. 차로군 분류

(1) 북쪽 접근로

- 좌회전 전용차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_L = \left(\frac{1,220}{2,200} \right) = 0.109$
- 직진차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_T = \left(\frac{1,492}{2,200 \times 2} \right) = 0.339$
- 우회전차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_R = \left(\frac{2,478}{2,200} \right) = 0.085$
- 분류 : 좌회전 전용차로군 및 직진+우회전 차로군

(2) 남쪽 접근로

- 좌회전 전용차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_L = \left(\frac{1,218.5}{2,200} \right) = 0.101$
- 직진차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_T = \left(\frac{1,281}{2,200 \times 2} \right) = 0.291$
- 우회전차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_R = \left(\frac{2,456}{2,200} \right) = 0.061$
- 분류 : 좌회전 전용차로군 및 직진+우회전 차로군

(3) 동쪽 접근로

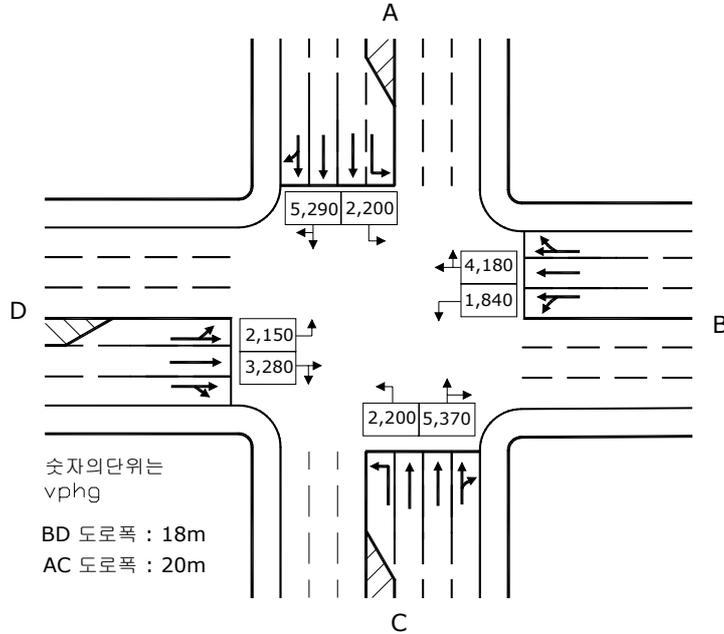
- 좌회전차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_L = \left(\frac{1,228.7}{2,200} \right) = 0.157$
- 직진차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_T = \left(\frac{520}{2,200} \right) = 0.236$
- 우회전차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_R = \left(\frac{2,437}{2,200} \right) = 0.04$
- $(v/s_o)_{TR} = \left(\frac{520 + 2,437}{2,200 \times 2} \right) = 0.138 < 0.17$
- 분류 : 실질적 좌회전 전용차로군 및 직진+우회전 차로군

(4) 서쪽 접근로

- 좌회전 차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_L = \left(\frac{1,242}{2,200} \right) = 0.023$
- 직진차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_T = \left(\frac{782}{2,200} \right) = 0.355$
- 우회전차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_R = \left(\frac{2,463}{2,200} \right) = 0.069$
- $(v/s_o)_{TL} = \left(\frac{782 + 1,242}{2,200 \times 2} \right) = 0.189 > 0.069$
- 분류 : 모든 이동류는 통합차로군 형성

다. 포화교통량 산정

도로용량편람의 방법으로 구한 각 차로군의 포화교통량은 다음과 같다.



라. 소요 현시율

각 차로군의 소요 현시율은 그 차로군의 교통량을 포화교통량으로 나눈 값으로 <표 4.9>와 같다.

<표 4.9> 각 차로군의 소요 현시율

접근로	차로군	v	s	v/s
A	직진+우회전	1,570	5,930	0.265
	좌회전	200	1,763	0.114
C	직진+우회전	1,337	5,996	0.223
	좌회전	185	1,763	0.105
B	직진+우회전	557	3,870	0.144
	좌회전	287	1,763	0.163
D	직진+우회전+좌회전	887	5,720	0.155

마. 황색시간 결정

앞의 주어진 도로 조건에서 A, C 도로의 폭은 20m, B, D 도로의 폭은 18

134 평면교차로 설계 지침

m이며, 접근속도는 다 같이 60km/시, 임계감속도는 5.0 m/초², 자동차의 길이 5m라 할 때 ;

AC 도로의 황색시간(BD 도로 횡단) :

$$Y = 1.0 + \frac{60/3.6}{2 \times 5} + \frac{(18+5)}{60/3.6} = 4.1\text{초}$$

BD 도로의 황색시간(AC 도로 횡단) :

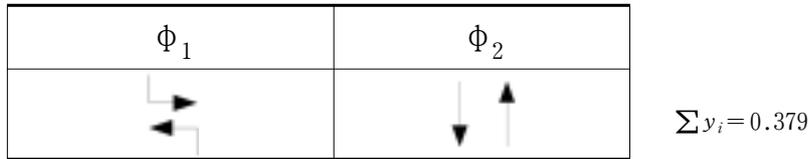
$$Y = 1.0 + \frac{60/3.6}{2 \times 5} + \frac{(20+5)}{60/3.6} = 4.2\text{초}$$

바. 현시 결정

(1) 남북도로

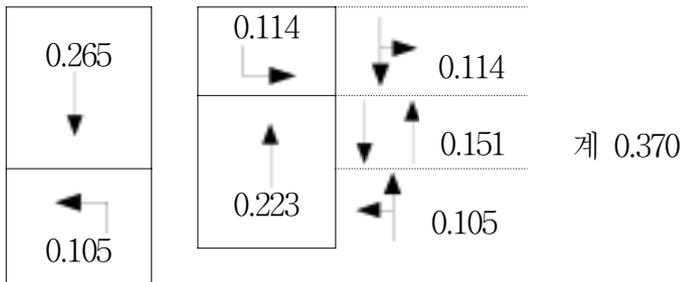
남북도로는 좌회전 전용차로가 있으므로 중첩현시나 단순현시를 사용할 수 있다.

(가) 단순현시 방법



(나) 중첩현시 방법

직진중첩 동시신호 방식 (동시신호→직진→동시신호)



중첩현시와 단순현시를 비교해 볼 때, 중첩현시의 현시율의 합이 0.370으로서 단순현시의 0.379보다 적으므로 더 효율적이다.

(2) 동서도로

동서도로는 전용좌회전 차로가 없으므로 동시신호나 비보호 좌회전을 사용해야 한다. 그러나 서쪽 접근로의 직진과 동쪽 접근로의 좌회전 교통량이 우리나라 비보호 좌회전 신호기준에 적합하지 않으므로 비보호 좌회전을 사용하지 않고 동시신호 방식을 사용한다.

Φ_3	Φ_4
	
0.155	0.163

$\sum y_i = 0.318$

사. 주기 결정

Webster 방법으로 본 예제의 적정주기를 구하면 다음과 같다.

주기당 총 손실시간 $L = 4.1 + 4.1 + 4.2 + 4.2 + 4(2.3 - 2.0) = 17.8$ 초

$$C_o = \frac{1.5(17.8) + 5}{1 - 0.688} = 102 \rightarrow 110\text{초 (5현시 경우)}$$

$$C_o = \frac{1.5(17.8) + 5}{1 - 0.697} = 105 \rightarrow 110\text{초 (4현시 경우)}$$

만약 이 값이 140초를 넘으면 좌회전을 금지하거나 B, D 접근로에 좌회전 전용차로를 설치하는 등 별도의 방안을 강구해야 한다.

여기서 특히 유의해야 할 것은 5현시인데도 4현시와 마찬가지로 손실시간을 사용한 것이다. 그 이유는 5현시 중 3현시가 중첩현시이기 때문이다. 즉, 중첩 현시라 할지라도 이동류 각각에 대한 황색신호는 한번밖에 없으므로 4현시 때와 손실시간이 같다.

아. 최소녹색시간 계산

보행자 횡단을 고려한 자동차의 최소녹색시간은 다음과 같이 구한다. 이 시간은 15초보다 적어서는 안된다.

① 보행자횡단 시간

- A, C 접근로(B, D 도로 횡단)

136 평면교차로 설계 지침

$$\frac{18}{1.2} = 15\text{초} \quad (\text{점멸 시간} : 15 - 4.1 = 10.9\text{초})$$

- B, D 도로(A, C 도로 횡단)

$$\frac{20}{1.2} = 16.7\text{초} \quad (\text{점멸 시간} : 16.7 - 4.2 = 12.5\text{초})$$

② 최소녹색시간(보행자 횡단시간-황색시간+보행자 최소 초기녹색시간)

- A, C 접근로 : $10.9 + 7 = 17.9\text{초}$
- B, D 접근로 : $12.5 + 7 = 19.5\text{초}$

자. 주기분할

(1) 단순현시 방법

앞의 연속된 예에서 4현시를 기준으로 할 때 각 현시의 신호시간은 다음과 같이 구한다.

① 주기당 유효녹색시간 : $110 - 2(4.1 + 4.2) - 4(0.3) = 92.2\text{초}$

② 각 현시의 녹색시간(4현시 기준)

$$\phi_1 = 92.2 \times (0.114 / 0.697) + 0.3 = 15.4\text{초}$$

$$\phi_2 = 92.2 \times (0.265 / 0.697) + 0.3 = 35.3\text{초}$$

$$\phi_3 = 92.2 \times (0.155 / 0.697) + 0.3 = 20.8\text{초}$$

$$\phi_4 = 92.2 \times (0.163 / 0.697) + 0.3 = 21.9\text{초}$$

③ 최소 녹색시간과 비교

- A, C 접근로 직진 : $35.3\text{초} > 17.9\text{초}$ OK
- D 접근로 동시신호 : $20.8\text{초} > 19.5\text{초}$ OK
- B 접근로 동시신호 : $21.9\text{초} > 19.5\text{초}$ OK

(2) 중첩현시 방법

앞의 예에서 5현시를 기준으로 할 때 각 현시의 신호시간은 다음과 같이 구한다.

① 주기당 유효녹색시간 : $110 - 2(4.1 + 4.2) - 4(0.3) = 92.2\text{초}$

② 각 현시의 유효녹색시간

$$\phi_1 : 92.2 \times (0.114 / 0.688) = 15.3 \text{ 초}$$

$$\phi_2 : 92.2 \times (0.151 / 0.688) = 20.2 \text{ 초}$$

$$\phi_3 : 92.2 \times (0.105 / 0.688) = 14.1 \text{ 초}$$

$$\phi_4 : 92.2 \times (0.155 / 0.688) = 20.8 \text{ 초}$$

$$\phi_5 : 92.2 \times (0.163 / 0.688) = 21.8 \text{ 초}$$

③ 각 이동류의 실제녹색시간

A 접근로 : 좌회전; $15.3 + 0.3 = 15.6$ 초

직진; $15.3 + 20.2 + 0.3 = 35.8$ 초

C 접근로 : 좌회전; $14.1 + 0.3 = 14.4$ 초

직진; $14.1 + 20.2 + 0.3 = 34.6$ 초

D 접근로 : (좌회전+직진); $20.8 + 0.3 = 21.1$ 초

B 접근로 : (좌회전+직진); $21.8 + 0.3 = 22.1$ 초

④ 최소녹색시간과 비교

- A 접근로 직진 : $35.8 \text{ 초} > 17.9 \text{ 초}$ OK

- C 접근로 직진 : $34.6 \text{ 초} > 17.9 \text{ 초}$ OK

- D 접근로 동시신호 : $21.1 \text{ 초} > 19.5 \text{ 초}$ OK

- B 접근로 동시신호 : $22.1 \text{ 초} > 19.5 \text{ 초}$ OK

차. 평균제어지체 계산 및 서비스수준 결정

지체를 계산하기 위해서는 각 차로군의 녹색시간비, 포화도 및 용량을 알아야 한다. 이들을 계산하면 <표 4.10>과 같다.

(1) 접근로별 평균제어지체

(가) 각 차로군별 균일지체 및 증분지체

각 차로군별로 다음 공식을 이용하여 균일지체, 증분지체를 구한다.

$$\text{균일지체} : d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]}$$

<표 4.10> 차로군의 녹색시간비, 포화도 및 용량

접근로	차로군	s	v/s	g/C	X	c
A	직진+우회전	5,930	0.265	0.323	0.82	1,915
	좌회전	1,763	0.114	0.139	0.82	245
C	직진+우회전	5,996	0.223	0.312	0.715	1,870
	좌회전	1,763	0.105	0.128	0.82	226
B	직진+우회전	3,870	0.144	0.198	0.727	766
	좌회전	1,763	0.163	0.198	0.822	349
D	직진+우회전+좌회전	5,720	0.155	0.189	0.82	1,082

$$\text{증분지체} : d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$$

① 북쪽(A) 접근로

• 직진+우회전 차로군 :

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) - \frac{g}{C}\right]} = \frac{55(1 - 0.323)^2}{1 - 0.265} = 34.3 \text{ 초}$$

$$d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$$

$$= 900 \times 0.25 \left[(0.82 - 1) + \sqrt{(0.82 - 1)^2 + \frac{4 \times 0.82}{1,915 \times 0.25}} \right] = 4.1 \text{ 초}$$

• 좌회전 차로군 :

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) - \frac{g}{C}\right]} = \frac{55(1 - 0.139)^2}{1 - 0.114} = 46.0 \text{ 초}$$

$$d_2 = 225 \left[(0.82 - 1) + \sqrt{(0.82 - 1)^2 + \frac{4 \times 0.82}{245 \times 0.25}} \right] = 25.5 \text{ 초}$$

같은 방법으로 다른 접근로에 대하여 계산한 결과는 다음과 같다.

② 남쪽(C) 접근로

• 직진+우회전 차로군 : $d_1 = 33.5 \text{ 초}$, $d_2 = 2.4 \text{ 초}$

• 좌회전 차로군 : $d_1 = 46.7 \text{ 초}$, $d_2 = 27.2 \text{ 초}$

③ 동쪽(B) 접근로

- 직진+우회전 차로군 : $d_1 = 41.3$ 초, $d_2 = 6.0$ 초
- 좌회전 차로군 : $d_1 = 42.3$ 초, $d_2 = 19.2$ 초

④ 서쪽(D) 접근로

- 좌회전+직진+우회전 차로군 : $d_1 = 42.8$ 초, $d_2 = 7.0$ 초

(나) 연동보정계수 계산 및 평균제어지체 계산

인접 교차로간의 거리, 순행속도 및 옵셋을 이용하여 다음 공식으로 옵셋 편의를 구하고 앞의 <표 4.10>을 이용하여 연동 보정계수를 얻는다. 이 값을 각 차로군의 균일지체에 적용하여 차로군의 평균제어지체 값을 구한다.

$$\text{옵셋 편의율 : } TVO = \frac{T_c - \text{offset}}{C}$$

$$\text{차로군 평균제어지체 : } d_i = d_1(PF) + d_2$$

① 북쪽(A) 접근로

- $T_c = \frac{500}{70/3.6} = 25.7$ 초
- $TVO = \frac{25.7 - 25}{110} = 0.006$
- <표 4.6>에서 직진+우회전 차로군의 $PF = 0.73$
좌회전 차로군의 $PF = 1.0$
- $d_{TR} = 34.3 \times 0.73 + 4.1 = 29.1$ 초
- $d_L = 46.0 \times 1.0 + 25.5 = 71.5$ 초

② 남쪽(C) 접근로

- $T_c = \frac{600}{70/3.6} = 30.9$ 초
- $TVO = \frac{30.9 - 30}{110} = 0.008$
- <표 4.6>에서 직진+우회전 차로군의 $PF = 0.73$
좌회전 차로군의 $PF = 1.0$
- $d_{TR} = 33.5 \times 0.73 + 2.4 = 26.9$ 초

140 평면교차로 설계 지침

- $d_L = 46.7 \times 1.0 + 27.2 = 73.9$ 초

③ 동쪽(B) 접근로

연속진행을 고려하지 않으므로

- 모든 차로군의 $PF = 1.0$

- $d_{TR} = 41.3 \times 1.0 + 6.0 = 47.3$ 초

- $d_L = 42.3 \times 1.0 + 19.2 = 61.5$ 초

④ 서쪽(D) 접근로

연속진행을 고려하지 않으므로

- 차로군의 $PF = 1.0$

- $d_{LTR} = 42.8 \times 1.0 + 7.0 = 49.8$ 초

(다) 접근로의 평균제어지체 계산

접근로 안에 있는 각 차로군의 평균제어지체를 교통량에 관해 가중 평균하여 접근로 전체의 평균제어지체를 구한다.

접근로 평균제어지체 : $d_A = \frac{\sum d_i V_i}{\sum V_i}$

① 북쪽(A) 접근로

- $d_A = \frac{29.1 \times 1,570 + 71.5 \times 200}{1,770} = 33.9$ 초

② 남쪽(C) 접근로

- $d_C = \frac{26.9 \times 1,337 + 73.9 \times 185}{1,522} = 32.6$ 초

③ 동쪽(B) 접근로

- $d_B = \frac{47.3 \times 557 + 61.5 \times 287}{844} = 52.1$ 초

④ 서쪽(D) 접근로

- $d_D = 49.8$ 초

(2) 교차로 전체 평균제어지체 및 서비스 수준

- 교차로 전체의 평균제어지체

$$d_I = \frac{\sum d_A V_A}{\sum V_A} = \frac{33.9(1,770) + 32.6(1,522) + 52.1(844) + 49.8(887)}{5,023} = 39.4 \text{ 초}$$

- 교차로 전체의 서비스 수준

<표 4.7>을 이용하여 서비스 수준을 구한다. 이 결과는 <표 4.11>과 같다.

<표 4.11> 교차로 전체의 서비스 수준

접근로	차로군	평균제어지체(초/대)		접근로 서비스 수준	교차로전체 평균제어지체(초/대)	교차로전체 서비스 수준
		차로군별	접근로 평균			
북쪽	직진+우회전	29.1	33.9	C	39.4	C
	좌회전	71.5				
남쪽	직진+우회전	26.9	32.6	C		
	좌회전	73.9				
동쪽	직진+우회전	47.3	52.1	D		
	좌회전	61.5				
서쪽	직진+우+좌회전	49.8	49.8	C		

카. 교차로 전체 임계 v/c 비

$$\sum_j (v/s)_j = 0.114 + 0.265 + 0.163 + 0.155 = 0.697$$

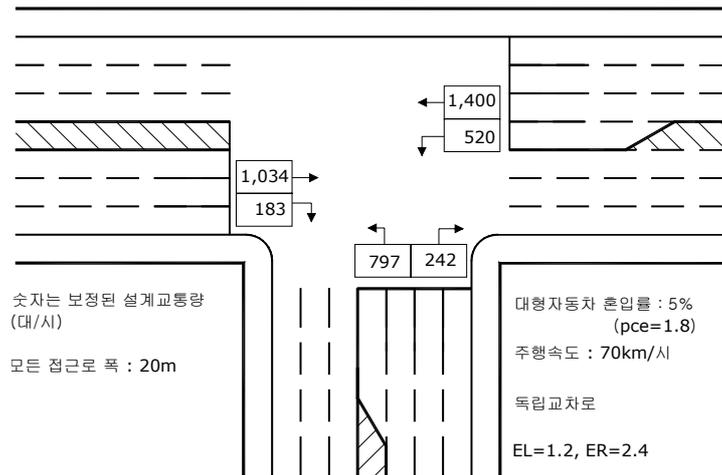
$$L = 2(4.1) + 2(4.2) + 4(0.3) = 17.8 \text{ 초}$$

$$X_c = \frac{C}{C - L} \times \sum_j (v/s)_j = \frac{110}{110 - 17.8} \times 0.697 = 0.83$$

각 차로군의 v/c 비와 교차로 전체의 임계 v/c 가 거의 같으므로 이 교차로의 신호시간 계획은 매우 적절하다고 판단되며 또 임계 v/c 비가 0.83이므로 혼잡한 편은 아니라고 판단 할 수 있다.

4.2.6 세갈래교차로의 신호시간 산정 및 서비스수준 분석(예제)

가. 주어진 도로 및 교통조건



- 대형자동차 혼입률 : 5%(pce=1.8)
- 동서도로 주행속도 : 70 km/시
- 동쪽 교차로까지 거리 : 400 m, 옵셋 25초
- 서쪽 교차로까지 거리 : 400 m, 옵셋 15초
- $E_L=1.2, E_R=2.4$
- 모든 접근로의 폭 20 m, 횡단보행자 많음

나. 차로군 분류

(1) 동쪽 접근로

- 직진차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_T = \left(\frac{1,400}{2,200 \times 3} \right) = 0.212$
- 좌회전차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_L = \left(\frac{1,2520}{2,200} \right) = 0.284$
- 분류 : 좌회전 전용차로가 있으므로 좌회전 전용차로군 및 직진 차로군

(2) 남쪽 접근로

- 좌회전 전용차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_L = \left(\frac{1,2797}{2,200 \times 2} \right) = 0.217$
- 우회전차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_R = \left(\frac{2,4242}{2,200} \right) = 0.264$

- 분류 : 좌회전과 우회전이 차로를 공유할 수 없으므로 전용차로군 및 우회전 전용차로군

(3) 서쪽 접근로

- 직진차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_T = \left(\frac{1,034}{2,200 \times 2} \right) = 0.235$
- 우회전차로의 순혼잡도 : $(v/s_o)_R = \left(\frac{2,418.3}{2,200} \right) = 0.20$
- 분류 : $0.2 < 0.235$ 이므로 직진+우회전 통합차로군

다. 포화교통량 산정

도로용량편람의 방법으로 구한 각 차로군의 포화교통량은 다음과 같다.

- 동쪽 접근로 : $s_T = 6,345$ vphg, $s_L = 1,763$ vphg
- 남쪽 접근로 : $s_L = 3,526$ vphg, $s_R = 920$ vphg
- 서쪽 접근로 : $s_{TR} = 5,244$ vphg

라. 소요 현시율

각 차로군의 소요현시율은 그 차로군의 교통량을 포화교통량으로 나눈 값으로 다음 <표 4.12>와 같다.

<표 4.12> 각 차로군의 소요현시율

접근로	차로군	교통량(v)	포화교통량(s)	현시율(v/s)
동쪽	직진	1,400	6,345	0.221
	좌회전	520	1,763	0.295
남쪽	좌회전	797	3,526	0.226
	우회전	242	920	0.263
서쪽	직진+우회전	1,217	5,244	0.232

마. 황색시간 결정

모든 현시의 황색시간을 4.0초라 가정한다.

바. 현시 결정

횡단 보행자가 많아 보행자 현시를 확보하기 위해서는 보행자 횡단현시와 상충되지 않는 이동류끼리 묶어서 다음과 같이 현시를 결정한다. 사각형 안의 숫자는 임계 현시율이다.

현시 1	현시 2	현시 3

현시율의 합 : $\sum y = 0.753$

사. 주기 결정

웹스터 방법으로 본 예제의 적정주기를 구하면 다음과 같다.

$$\text{주기당 총 손실시간 } L = 3 \times 4 + 3(2.3 - 2.0) = 12.9 \text{ 초}$$

$$C_o = \frac{1.5(12.9) + 5}{1 - 0.753} = 98.6 \rightarrow 100 \text{ 초}$$

아. 최소녹색시간 계산

보행자 횡단을 고려한 자동차의 최소녹색시간은 다음과 같이 구한다. 이 시간은 15초보다 적어서는 안 된다.

① 보행자횡단 시간

- 동서도로 횡단

$$\frac{20}{1.2} = 16.7 \text{ 초 (점멸 시간 : } 16.7 - 4 = 12.7 \text{ 초)}$$

- 남쪽 접근로 횡단

$$\frac{20}{1.2} = 16.7 \text{ 초 (점멸 시간 : } 16.7 - 4 = 12.7 \text{ 초)}$$

② 최소녹색시간

$$\text{모든 접근로 : } 12.7 + 7 = 19.7 \text{ 초}$$

자. 주기분할

① 총 유효녹색시간 : $100 - 12.9 = 87.1$ 초

② 각 현시의 녹색시간

$$\phi_1 = 87.1 \times (0.226 / 0.753) + 0.3 = 26.5 \text{ 초}$$

$$\phi_2 = 87.1 \times (0.232 / 0.753) + 0.3 = 27.1 \text{ 초}$$

$$\phi_3 = 87.1 \times (0.295 / 0.753) + 0.3 = 34.4 \text{ 초}$$

③ 최소 녹색시간과 비교

각 현시의 녹색시간이 최소녹색시간 19.7초보다 크므로 만족

차. 평균제어지체 계산 및 서비스수준 결정

지체를 계산하기 위해서는 각 차로군의 녹색시간비, 포화도 및 용량을 알아야 한다. 이들을 계산하면 <표 4.13>과 같다.

<표 4.13> 차로군의 녹색시간비, 포화도 및 용량(세갈래교차로)

접근로	차로군	s	v/s	g/C	X	c
동쪽	직진	6,345	0.221	0.268	0.82	1,700
	좌회전	1,763	0.295	0.341	0.87	601
남쪽	좌회전	3,526	0.226	0.262	0.86	924
	우회전	920	0.263	0.341	0.77	314
서쪽	직진+우회전	5,244	0.232	0.268	0.87	1,405

(1) 접근로별 평균제어지체

(가) 차로군별 균일지체 및 증분지체

차로군별로 다음 공식을 이용하여 균일지체, 증분지체를 구한다.

$$\text{균일지체 : } d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]}$$

$$\text{증분지체 : } d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$$

① 동쪽 접근로

• 직진 차로군 :

$$d_1 = \frac{0.5C\left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) - \frac{g}{C}\right]} = \frac{50(1 - 0.268)^2}{1 - 0.221} = 34.4\text{초}$$

$$d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$$

$$= 900 \times 0.25 \left[(0.82 - 1) + \sqrt{(0.82 - 1)^2 + \frac{4 \times 0.82}{1,700 \times 0.25}} \right] = 4.6\text{초}$$

• 좌회전 차로군 :

$$d_1 = \frac{0.5C\left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) - \frac{g}{C}\right]} = \frac{50(1 - 0.341)^2}{1 - 0.295} = 30.8\text{초}$$

$$d_2 = 225 \left[(0.87 - 1) + \sqrt{(0.87 - 1)^2 + \frac{4 \times 0.87}{601 \times 0.25}} \right] = 15.8\text{초}$$

같은 방법으로 다른 접근로에 대하여 계산한 결과는 다음과 같다.

② 남쪽 접근로

• 좌회전 차로군 : $d_1 = 35.2\text{초}$, $d_2 = 10.3\text{초}$

• 우회전 차로군 : $d_1 = 29.5\text{초}$, $d_2 = 16.5\text{초}$

③ 서쪽 접근로

• 직진+우회전 차로군 : $d_1 = 34.9\text{초}$, $d_2 = 7.6\text{초}$

(나) 연동보정계수 계산 및 평균제어지체 계산

인접 교차로간의 거리, 순행속도 및 옵셋을 이용하여 다음 공식으로 옵셋 편의율을 구하고 <표 4.6>을 이용하여 연동 보정계수를 얻는다. 이 값을 각 차로군의 균일지체에 적용하여 차로군의 평균제어지체 값을 구한다.

옵셋 편의율 : $TVO = \frac{T_c - offset}{C}$

차로군 평균제어지체 : $d_i = d_1(PF) + d_2$

① 동쪽 접근로

직진 차로군의 PF

• $T_c = \frac{4500}{70/3.6} = 20.6\text{초}$

$$\bullet TVO = \frac{20.6 - 25}{100} = -0.04$$

TVO 는 0과 1.0 사이의 값이므로 1.0을 더하여 0.96의 값으로 한다.

$$\bullet g/C = 0.268 \text{ 이므로, <표 4.6>에서 직진차로군의 } PF = 1.02$$

좌회전 차로군의 $PF = 1.0$

$$\bullet d_T = 34.4 \times 1.02 + 4.6 = 39.7 \text{ 초}$$

$$\bullet d_L = 30.8 \times 1.0 + 15.8 = 46.6 \text{ 초}$$

② 남쪽 접근로

연동시스템에 속하지 않으므로 두 차로군 모두 $PF = 1.0$

$$\bullet d_L = 35.2 + 10.3 = 45.5 \text{ 초}$$

$$\bullet d_R = 29.5 + 16.5 = 46.0 \text{ 초}$$

③ 서쪽 접근

직진 차로군의 PF

$$\bullet T_c = \frac{400}{70/3.6} = 20.6 \text{ 초}$$

$$\bullet TVO = \frac{20.6 - 15}{100} = 0.056$$

$$\bullet g/C = 0.268 \text{ 이므로, <표 4.6>에서 직진+우회전 차로군의 } PF = 0.65$$

$$\bullet d_{LTR} = 34.9 \times 0.65 + 7.6 = 30.3 \text{ 초}$$

(다) 접근로의 평균제어지체 계산

접근로 안에 있는 각 차로군의 평균제어지체를 교통량에 관해 가중 평균하여 접근로 전체의 평균제어지체를 구한다.

$$\text{접근로 평균제어지체 : } d_A = \frac{\sum d_i V_i}{\sum V_i}$$

① 동쪽 접근로

$$\bullet d_A = \frac{39.7 \times 1,400 + 46.6 \times 520}{1,920} = 41.6 \text{ 초}$$

② 남쪽 접근로

$$\bullet d_B = \frac{45.5 \times 797 + 46.0 \times 242}{1,039} = 45.6 \text{ 초}$$

③ 서쪽 접근로

- $d_c = 30.3$ 초

(2) 교차로 전체 평균제어지체 및 서비스 수준

- 교차로 전체의 평균제어지체

$$d_I = \frac{\sum d_A V_A}{\sum V_A}$$

$$= \frac{41.6(1,920) + 45.6(1,039) + 30.0(1,217)}{4,176} = 39.3 \text{ 초}$$

- 교차로 전체의 서비스 수준

<표 4.13>을 이용하여 서비스 수준을 구한다. 이 결과는 다음과 같다.

<표 4.14> 교차로 전체의 서비스 수준

접근로	차로군	평균제어지체(초/대)		접근로 서비스 수준	교차로전체 평균제어지체 (초/대)	교차로전체 서비스 수준
		차로군별	접근로 평균			
동쪽	직진	39.7	41.6	C	39.3	C
	좌회전	46.6				
남쪽	좌회전	45.5	45.6	C		
	우회전	46.0				
서쪽	직진+우회전	30.3	30.3	C		

카. 교차로 전체 임계 v/c 비

$$\sum_j (v/s)_j = 0.226 + 0.232 + 0.295 = 0.753$$

$$L = 3\text{현시} \times 4\text{초} + 3(0.3) = 12.9\text{초}$$

$$X_c = \frac{C}{C - L} \times \sum_j (v/s)_j$$

$$= \frac{100}{100 - 12.9} \times 0.753 = 0.86$$

각 차로군의 v/c 비와 교차로 전체의 임계 v/c 가 거의 같으므로 이 교차로의 신호시간 계획은 매우 적절하다고 판단되며 또 임계 v/c 비가 0.86이므로 혼잡한 편은 아니라고 판단 할 수 있다.

제 5 장 다른 도로와의 연결

5.1 설치위치

- 가. 다른 도로와의 연결은 종단기울기가 평지에서 5%, 산지에서 8%(2차로 도로의 경우 평지 6%, 산지 8%)이내인 구간에 설치한다.
- 나. 접속시설은 교차로 영향권으로부터 4차로 이상일 경우에는 60m 이상, 2차로에서는 45m 이상 떨어져 설치한다.
- 다. 교차로의 영향권은 본선 또는 교차도로에서 교차로로 진입하는 감속 차로 테이퍼의 시점부터 교차로를 지나 본선 또는 교차도로에 진입하는 가속차로 테이퍼의 종점까지의 범위로 한다.

【해설】

고규격 도로에 마을, 주유소, 휴게소 등으로 통하는 다른 도로·통로 등의 시설물을 접속하여야 할 필요가 발생된다. 이러한 경우에 일정한 기준 이하의 곡선구간, 경사구간에서 무분별한 연결로 인하여 교통안전에 위험을 초래할 우려가 있으므로, 이를 통제하여 도로구조의 보존과 도로의 원활한 소통 및 교통안전을 확보해야 할 필요성이 높아지게 되어 국도 등의 고규격 도로에는 건설교통부 장관이 별도로 정한 도로와 다른 도로 등과의 연결에 관한 규칙(2003)이 발효되었다. 본서는 그중 설계에 관련된 주요항목만 발췌하였다.

가. 연결허가의 금지구간

- ① 곡선반경이 280m(2차로 도로의 경우에는 140m) 미만인 경우 곡선구간의 안쪽 차로의 중심선에서 장애물까지의 거리가 <표 5.1>에 나타난 거리보다 부족하여 시거가 불량한 곡선의 내측 구간
- ② 종단기울기가 평지에서 5%, 산지에서 8%(2차로 도로의 경우에는 평지에서 6%, 산지에서 8%)를 초과하는 구간. 단, 오르막차로가 설치되어 있는 경우

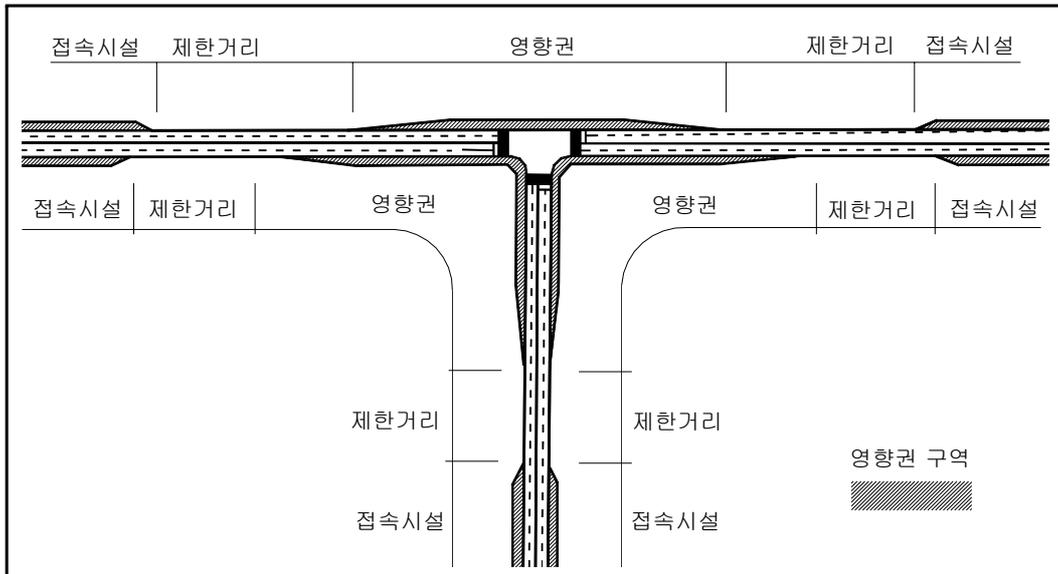
오르막차로의 바깥쪽 구간에 대하여는 연결 가능

- ③ 교차로 주변(일반국도가 아닌 다른 도로를 통하여 연결되는 교차로 주변을 포함)의 접속시설 설치 제한거리 이내의 구간(<그림 5.1>과 <표 5.2> 참조). 다만, 5가구 이하의 주택과 농·어촌 소규모시설(퇴비실·창고 및 양어장 등을 말한다)의 연결로 등의 경우에는 교차로 영향권 이내의 구간
- ④ 시설물의 내·외부 명암의 차이가 커서 장애물의 식별이 어려운 터널, 암거 등 시거가 차단되는 시설물로부터 500m 이내의 구간
- ⑤ 교량 등의 시설물과 근접되어 변속차로를 설치할 수 없는 구간
- ⑥ 버스정차대, 측도 등 주민편의시설이 설치되어 이를 옮겨 설치할 수 없거나 옮겨 설치하는 경우 주민 통행에 위험이 발생할 우려가 있는 구간

<표 5.1> 곡선구간의 곡선반경 및 장애물까지의 최소거리

구분	4차로 이상				2차로		
	곡선반경(m)	260	240	220	200	120	100
최소거리(m)	7.5	8	8.5	9	7	8	9

주) 최소거리는 곡선구간의 안쪽차로 중심선에서 장애물까지의 최소 거리



<그림 5.1> 교차로 주변의 영향권 및 설치 제한거리

<표 5.2> 교차로 주변의 접속시설 설치 제한거리

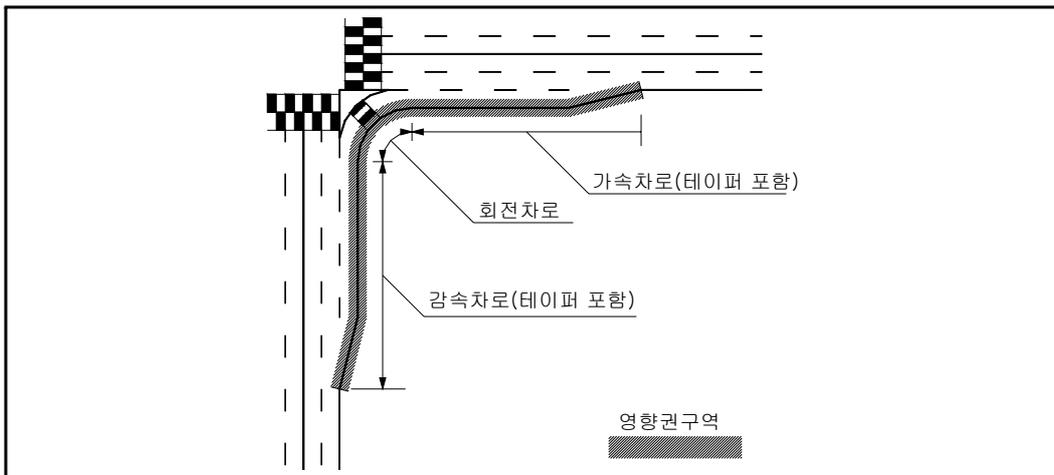
구 분	4차로 이상	2차로
교차로 영향권(변속차로, 회전차로 등의 도류화시설이 설치된 구역 또는 도류화시설의 설치예정구역)으로부터 연결로 등 접속시설의 설치 제한거리	60m	45m

주) 도류화되지 아니한 교차로에 대하여는 도류화 계획에 따라 교차로 영향권을 산출하여 설치한다.

나. 지방지역 교차로의 영향권

변속차로가 설치되었거나 설치예정인 평면교차로 영향권 산정기준은 다음과 같다.

- ① 변속차로가 설치되었거나 설치예정인 평면교차로의 영향권은 본선 또는 교차도로에서 교차로로 진입하는 감속차로 테이퍼의 시점부터 교차로를 지나 교차도로 또는 본선에 진입하는 가속차로 테이퍼의 종점까지의 범위로 한다.
- ② 이 때 변속차로의 길이는 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 제31조의 규정에 의한 최소길이 이상으로 설치된 것이어야 한다. 그렇지 않을 경우 영향권의 길이는 실제 설치된 변속차로의 길이가 아닌 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙상의 변속차로의 최소길이를 한다.



<그림 5.2> 변속차로가 설치되었거나 설치 예정인 평면교차로의 영향권

한편, 변속차로가 설치되지 않은 평면교차로 영향권의 산정기준은 다음과 같다.

- ① 교차로 영향권 길이는 당해 교차로의 교통량, 대기차선의 길이, 감속거리 및 인지반응시간에 의하여 산출하며, 최소길이는 <표 5.3>과 같다.
- ② 도로에 다른 도로를 연결할 때 가·감속부에 동일한 연장으로 적용
- ③ 평면교차로 영향권의 길이 측정 기준은 <그림 5.1>와 같이 자동차의 정지선에서부터 적용하며, 세갈래교차로의 직진차로부에서는 교차로 중심에서부터 적용

<표 5.3> 교차로 영향권의 최소길이

설계속도(km/시)	50	60	70	80
교차로 영향권의 최소길이(m)	50	70	90	120

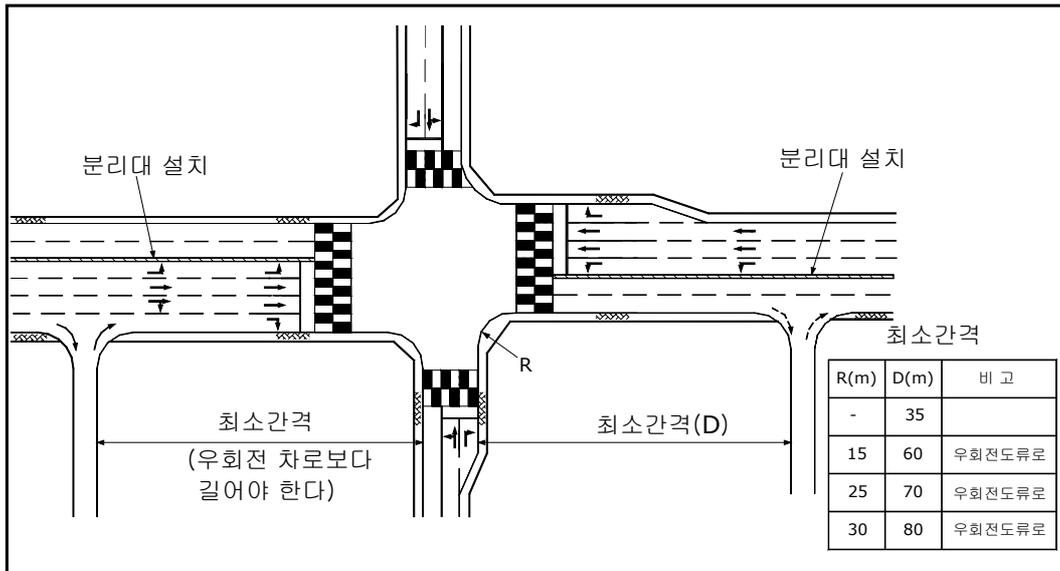
다. 도시지역 교차로 영향권

전 항에서 언급한 교차로의 영향권은 지방지역 통과교통 위주의 도로 및 도시지역 간선도로에서 주로 사용되어야 하는 값으로 도시지역 세가로(좁은 도로)의 설치 시, 이러한 값을 적용하는 것은 현실적으로 한계가 발생하게 된다. 따라서 도시지역의 최소설치거리는 도로모퉁이의 최소거리의 개념으로 사용되며 이는 도로모퉁이에서부터 가장 가까운 접근로 출입지점까지의 거리를 말한다. 이러한 도로모퉁이의 최소거리는 교차로 부근의 접근로가 막혀 주도로가 연쇄적으로 막히지 않을 정도의 최소 거리와 비슷한 개념이다. 접근로 인접 차로의 교통량, 인접 교차로의 서비스 교통류율, 신호시간, 도로의 기능 등에 따라 그 거리는 달라진다.

일반적으로 교차로의 상류부에 접속로를 연결하는 경우의 최소설치간격은 교차로의 우회전 차로의 길이보다 길어야 한다. 교차로 통과후 하류부에 접속로를 연결하는 경우의 최소설치간격은 교차로의 우회전 차로의 형태에 따라 다소 차이가 있으며 이에 대하여 일반적으로 <그림 5.3>의 값을 적용할 수 있다.

그러나 교통량이 적은 도시지역 세가로(좁은 도로)의 경우는 이상의 조건을

모두 만족시키기 곤란하더라도 간선도로에서 세가로로 진입한 자동차가 세가로의 접속도로에서 진출하는 자동차를 발견하고 정지하여 대기할 수 있는 공간은 확보되어야 한다.



<그림 5.3> 교차로에 인접한 연결로의 최소설치간격

5.2 구성요소

가. 연결로의 포장

연결로는 접속되는 도로의 포장과 동일한 강도를 유지할 수 있는 두께 및 재료로 포장을 하며, 노면 배수에 지장이 없도록 횡단기울기가 접속되는 도로와 동일하거나 그 도로보다 완만하게 포장한다.

나. 변속차로의 설치

변속차로는 3.25m 이상의 폭으로 설치하며, 자동차의 진입과 진출을 원활하게 유도할 수 있도록 노면표시를 한다. 테이퍼와 사업부지에 접하는 변속차로의 접속부는 최소곡선반경 15m 이상의 곡선반경으로 설치하고, 성토부 또는 절토부의 비탈면 경사는 접속되는 도로와 동일하거나 완만하게 설치한다.

변속차로의 길이는 <표 5.4>에서 정한 기준이상으로 설치한다.

<표 5.4> 변속차로의 최소길이

(단위 : m)

시 설	주차대수 (가구수)	변속차로의 길이 (테이퍼 길이 제외)		테이퍼의 길이	
		감속차로	가속차로	감속부	가속부
1. 공단진입로 등	-	45 (30)	90 (65)	15 (10)	30 (20)
2. 휴게소·주유소 등	-	45 (30)	90 (65)	15 (10)	30 (20)
3. 자동차정비업소 등	-	30 (20)	60 (40)	10 (10)	20 (20)
4. 사도·농로·마을진입로 기 타 이와 유사한 교통용 통로 등	-	20 (15)	40 (30)	10 (10)	20 (20)
5. 판매시설 및 일반음식점 등	10대 이하	20 (15)	40 (30)	10 (10)	20 (20)
	11~30대	30 (20)	60 (40)	10 (10)	20 (20)
	31대 이상	45 (30)	90 (65)	15 (10)	30 (20)
6. 주차장·운수시설·의료시 설·운동시설·관람시설·집 회시설 및 위락시설 등	30대 이하	30 (20)	60 (40)	10 (10)	20 (20)
	31대 이상	45 (30)	90 (65)	15 (10)	30 (20)
7. 공장·숙박시설·업무시 설·근린시설 및 기타시설	20대 이하	20 (15)	40 (30)	10 (10)	20 (20)
	21~50대	30 (20)	60 (40)	10 (10)	20 (20)
	51대 이상	45 (30)	90 (65)	15 (10)	30 (20)
8. 주택 진입로 등	(5가구 이하)	-	-	도로 모서리의 곡선화 (곡선반경:3m)	
	(100가구 이하)	30 (20)	60 (40)	10 (10)	20 (20)
	(101가구 이상)	45 (30)	90 (65)	15 (10)	30 (20)

- 주) 1) 설계속도 80km/시, 4차로 이상 기준임. 다만, ()는 60km/시, 기준
 2) 연결로가 인접되어 변속차로가 중복된 경우 중복된 차로의 길이는 주차대수를
 합산하여 그 합산된 주차대수에 해당하는 길이로 하고 주차대수를 적용할 수 없는
 시설물과 중복되는 경우에는 그 중 큰 값을 기준으로 함.

다. 배수시설물의 설치

- ① 노면의 빗물 등을 처리할 수 있도록 길어깨의 바깥쪽에 연석을 설치한다.
- ② 기존의 배수체계를 저해하지 아니하도록 연결
- ③ 접속되는 도로의 배수시설이 연결로 등의 설치로 인하여 매립될 경우에는 기존의 배수관보다 크거나 같은 규격의 배수관을 설치하되, 지름 800mm 이상의 배수관으로 하고, 배수시설에 퇴적되는 토사 등을 용이하게 제거하기 위하여 20m 이내의 일정간격으로 뚜껑이 있는 맨홀을 설치한다.
- ④ 연결로 등으로 연결되는 시설물의 우수 또는 우수가 접속되는 도로로 흘러가지 아니하도록 배수시설을 별도로 설치하며, 이 경우 배수시설은 격자형 철제 뚜껑이 있는 유효폭 30cm 이상, 유효깊이 60cm 이상의 U형 콘크리트 측구로 한다.

라. 분리대

- ① 변속차로의 진입부와 진출부를 제외한 연결로에는 자동차의 불법 좌회전·출입을 방지할 수 있도록 접속되는 도로의 길어깨 바깥쪽에 분리대를 설치하여야 하며, 분리대는 화단, 가드레일 등 기타 유사한 공작물로 설치하되, 안전사고의 예방을 위하여 변속차로의 진입부에 필요한 경우 충격흡수시설을 설치한다.
- ② 분리대의 높이는 0.3m 이상으로 설치하되, 시거에 장애가 되지 않도록 하여야 하며, 화단으로 설치하게 될 경우 폭은 1.0m 이상으로 하고 분리대 노면에 빗물 등이 고이지 않도록 배수시설물을 설치한다.
- ③ 야간에 운전자가 분리대를 식별할 수 있도록 분리대에 시선유도표지를 설치하거나 재귀반사지를 부착한다.
- ④ 연결로 등을 평행식 변속차로 설치방법으로 설치하는 경우에는 도로와 분리대 사이에 별도의 차로와 측대를 확보하여 가속 및 감속차로와 연결한다.
- ⑤ 기존에 설치된 변속차로와 연결하여 다른 시설의 변속차로를 추가 설치할 때에는 연결된 시설을 통합된 하나의 시설로 보아 그것에 적합한 연속된 분리대를 설치한다. 다만, 통합되는 연결로 등이 평행식 변속차로 설치 방법으로 설치되어 분리대를 연결할 수 없는 경우에는 연속된 별도의 차로를 확보한다.

마. 길어깨

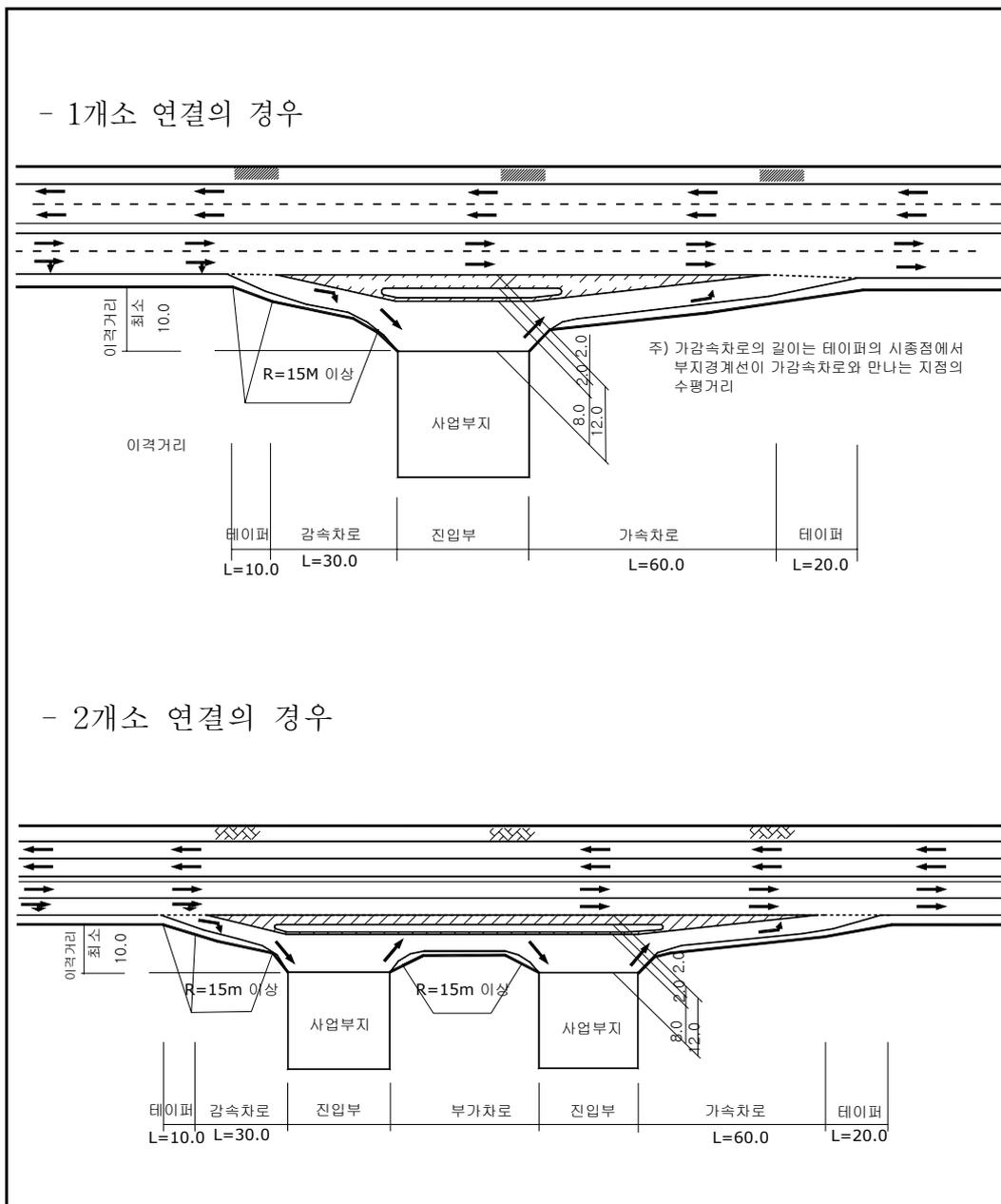
- ① 변속차로의 길어깨는 접속되는 도로의 길어깨와 동등한 구조로 하고 최소 폭 1m 이상으로 설치한다. 다만, 길어깨가 보도를 겸용하는 경우에는 보도의 폭을 확보할 수 있도록 한다.
- ② 노면이 연결로 등으로 연결되는 시설물의 주차공간으로 잠식될 우려가 있는 경우에는 길어깨 바깥쪽에 연석, 가드레일 또는 울타리 등을 설치한다.
- ③ 변속차로의 길어깨에는 폭 0.25m 이상의 측대를 설치한다.
- ④ 변속차로의 길어깨 바깥쪽에는 가드레일 등을 설치할 수 있는 보호길어깨를 확보한다.

바. 부대시설

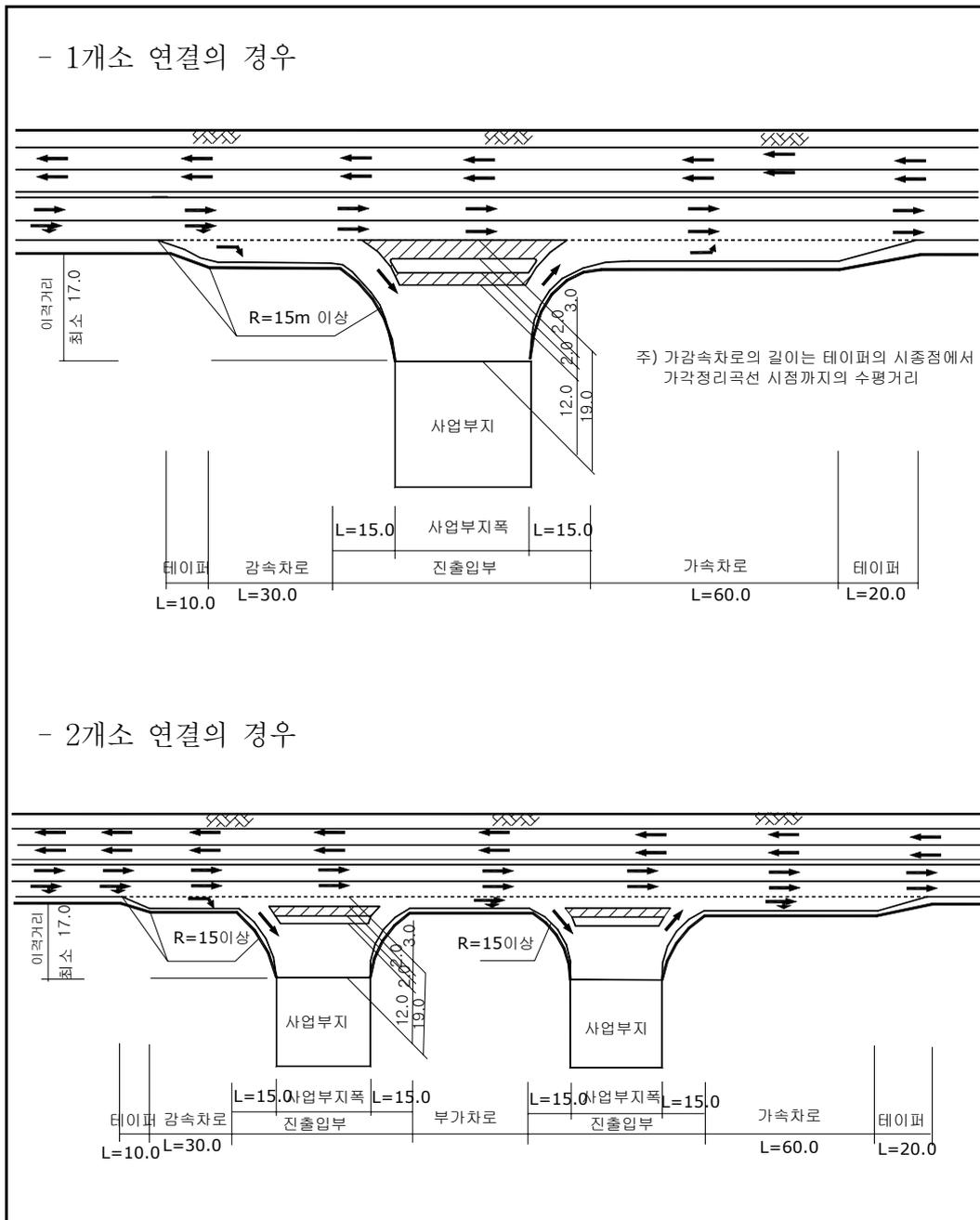
- ① 가드레일 또는 낙석방지시설 등의 안전시설은 현지의 여건이나 비탈면의 지형조건에 부합되도록 설치하고, 연결로 등의 노면표시는 접속되는 도로와 동일한 규격으로 하며 분리대가 설치되어 있지 아니한 부분 등에는 안전지대표시를 한다.
- ② 당해 연결로 외에 자동차의 진·출입로가 없는 경우에는, 공사시행의 효율성을 도모하고 공사용 자동차의 안전한 진·출입을 위하여 모든 시설 공사에 있어서 연결로 등의 공사를 먼저 시행한다.

사. 연결로 등의 설치방법

연결로 등의 설치방법은 직접식과 평행식이 있다. <그림 5.4>와 <그림 5.5>는 직접식과 평행식 변속차로의 설치 사례를 나타낸 것이다. 여기서의 단위는 m이며, R은 곡선반경, L은 길이를 의미한다.



<그림 5.4> 직접식 변속차로 설치



<그림 5.5> 평행식 변속차로 설치

제 6 장 평면교차로의 개선 기법

6.1 교차로 형태의 개선

- 가. 평면교차로의 개선시 횡단보도와 정지선의 위치를 교차로 중심방향으로 이동시켜 정지선사이의 거리를 최소화 한다.
- 나. 평면교차로의 접속은 직각이 되어야 하나, 부득이한 경우에는 도류화와 자동차유도표시, 노면표시 등을 이용하여 자동차의 주행 경로를 명확히 한다.

【해설】

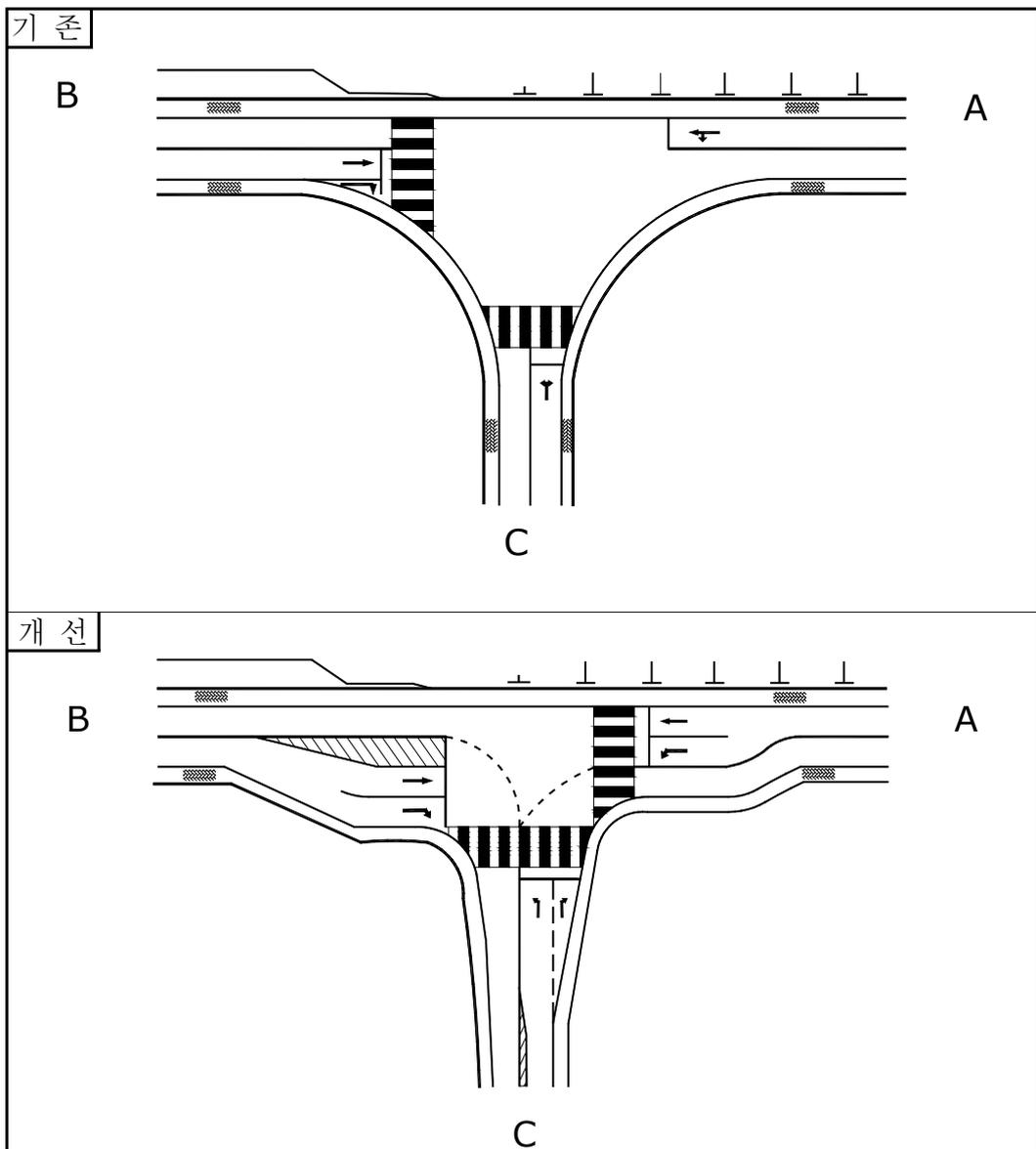
6.1.1 세갈래교차로의 개선

가. T형 교차로

<그림 6.1>에 나타난 개선 전의 교차로는 모서리의 곡선반경이 크기 때문에 C유입부의 횡단보도와 정지선의 위치가 교차로의 중심으로부터 떨어져 있다. 따라서 우회전 자동차의 속도가 높아져 C도로의 횡단보행자에 대한 안전성의 문제가 있으며, 교차로 내의 자동차 유도표시가 없으므로 교차로에서 주행자동차의 위치가 불안정하게 되어 있다. 이 교차로 설계의 주요 핵심사항은 다음과 같다.

- ① 모서리의 곡선반경을 작게 하여 C유입부의 횡단보도와 정지선 위치를 교차로의 중심방향으로 조정
- ② 동시에 AC유입부에 좌회전 전용차로를 설치
- ③ B유입부의 우회전 차로 확폭 및 유도표시를 하여 정지선을 중심방향으로 이동
- ④ 횡단보행자의 동선을 고려하여 B유입부의 횡단보도를 A유입부로 이동

이 결과 개선 후 그림에서 보는 바와 같이 단순한 T형 교차로가 되는 동시에 횡단보행거리가 크게 짧아져 교차로 안전을 도모하게 된다.



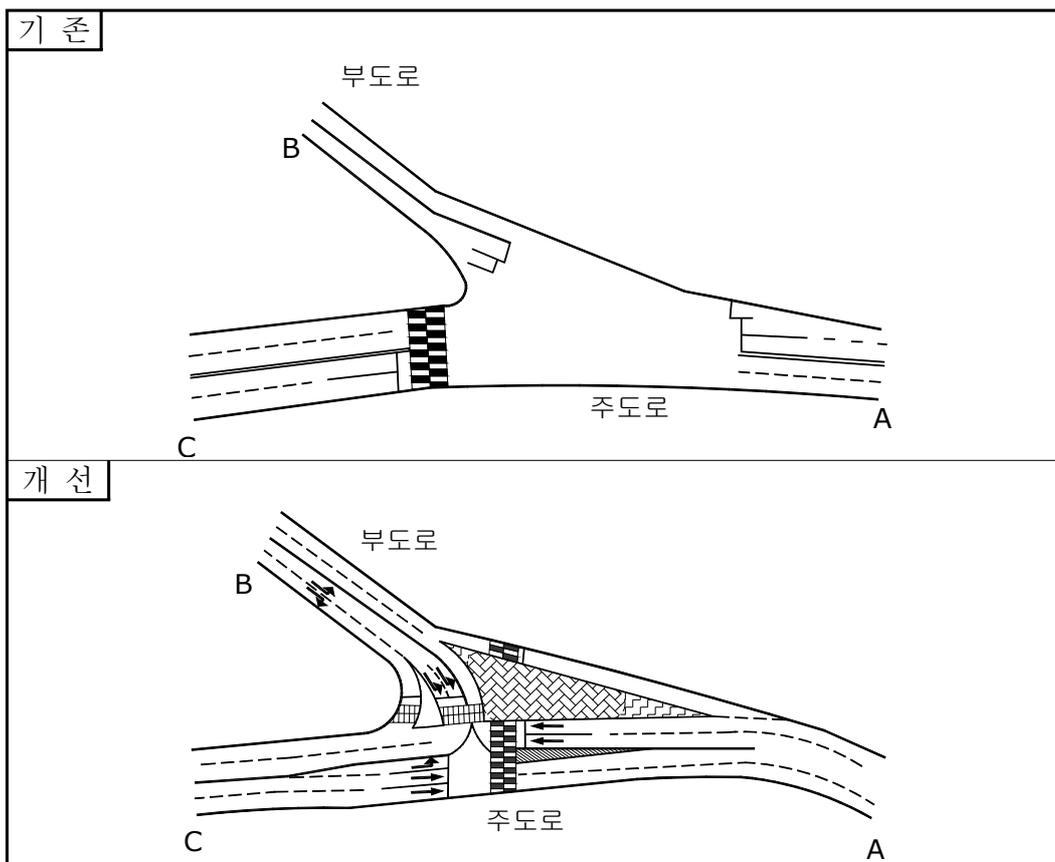
<그림 6.1> 교차로의 개선 예

나. Y형 교차로

<그림 6.2>에 나타낸 교차로는 2개의 도로가 예각으로 교차하고 있어서 정

지선간 거리가 매우 길기 때문에 신호가 바뀔 때 교차로에 진입한 자동차가 교차로를 벗어나는데 걸리는 시간이 길어지게 된다. 이와 동시에 교차로 통과시 자동차 속도가 높아지게 되어 추돌이나 좌회전 자동차와 직진 자동차 사이의 사고 위험성이 높고 교차로 내의 자동차 유도표시와 노면표시가 없어 교통류가 불안정하게 되어 있다.

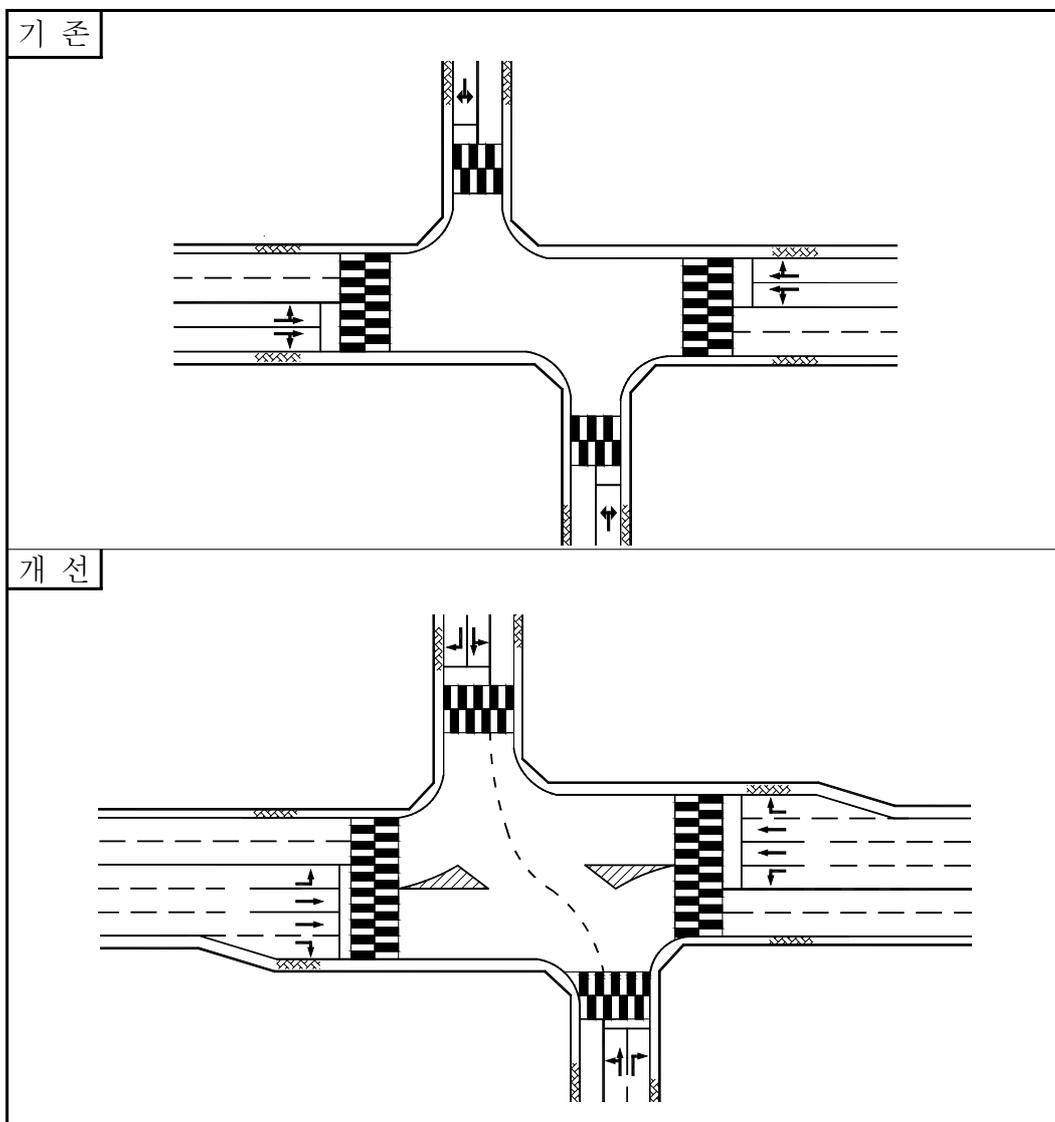
- ① A유입부의 정지선을 전방으로 이동시켜 정지선간 거리를 짧게 함과 동시에 좌회전 전용차로를 설치하여 신호현시를 3현시로 한다.
- ② 교통섬을 설치함으로써 B와 C유입부의 정지선을 전방으로 이동시킨다.
- ③ C유입부의 교차각을 개선함으로써 각 도로의 주종관계를 명확히 한다. 동시에 교차로 내에 도류표시를 하여 교차로의 면적을 대폭 축소하는 것이 가능하게 된다.



<그림 6.2> Y형 교차로의 개선 예

6.1.2 엇갈림 교차로의 개선

엇갈림 교차로는 교차로의 구조를 변경하여 십자형 교차로로 개선하는 것이 바람직하다. 구조상의 변경이 불가능할 경우에는 명확한 자동차 유도선을 설치하고 교통규제를 실시하여 신호현시를 개선함으로써 T자형이나 십자형과 같은 교통류가 되도록 하는 방법을 고려한다.



<그림 6.3> 엇갈림 교차의 개선

6.1.3 여러갈래 교차로의 개선

여러갈래 교차로라 함은 다섯갈래 이상의 도로가 평면으로 만나는 것으로, 이러한 교차로의 설계와 교통운용은 세갈래(T형)나 네갈래(十자형)에 비하여 매우 복잡해져서 교통정체나 교통사고의 측면에서 많은 문제를 야기시키게 되므로 이는 다음과 같은 방법을 이용하여 개선한다.

가. 선형의 개선

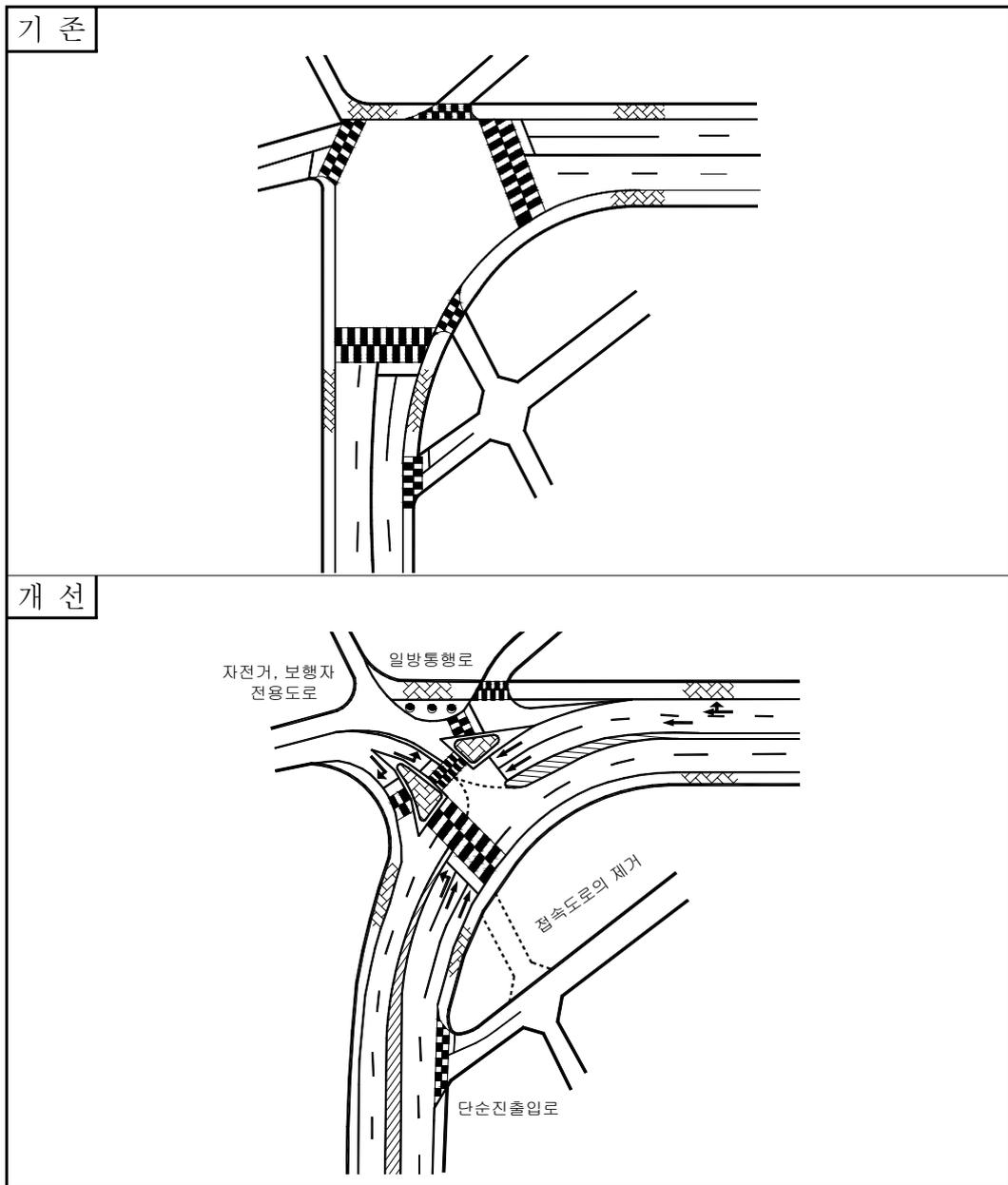
기존의 여러갈래 교차로를 네갈래 이하의 교차로로 하는 것은 교차로의 근본적으로 개선하는 것이다. 이러한 개선은 하나 이상의 도로를 그 교차로 부분에서 폐쇄하고 교차로 이외의 도로구간에 접속시키는 것이 된다.

<그림 6.4>에 나타낸 바와 같이 기존 교차로에는 간선도로에 3개 이상의 도로가 접속되어 다섯갈래 교차로로 되어 있었다. 더구나 간선도로 자체도 굵어 있어서 원활한 자동차 소통 및 안전상 문제가 있다. 이는 간선도로의 굴곡을 개선함과 동시에 다섯갈래 교차를 세갈래교차로 변경하여 교통의 흐름을 단순화함으로써 교차로의 신호현시도 크게 단순화된다. 이와 같이 교차로의 구조를 개선하는 경우에는 다음과 같은 점을 주의할 필요가 있다.

- ① 폐쇄된 도로를 이용하는 자동차들이 다른 경로를 통하여 목적하는 방향으로 갈 수 있도록 한다.
- ② 부가로 접속위치를 교차로 외부로 변경할 경우에는 그 부가로에 출입하는 자동차가 교차로에 악영향을 미치지 않는 위치로 이설하는 동시에 필요한 교통규제에 대한 검토를 한다.

나. 교차로 분할

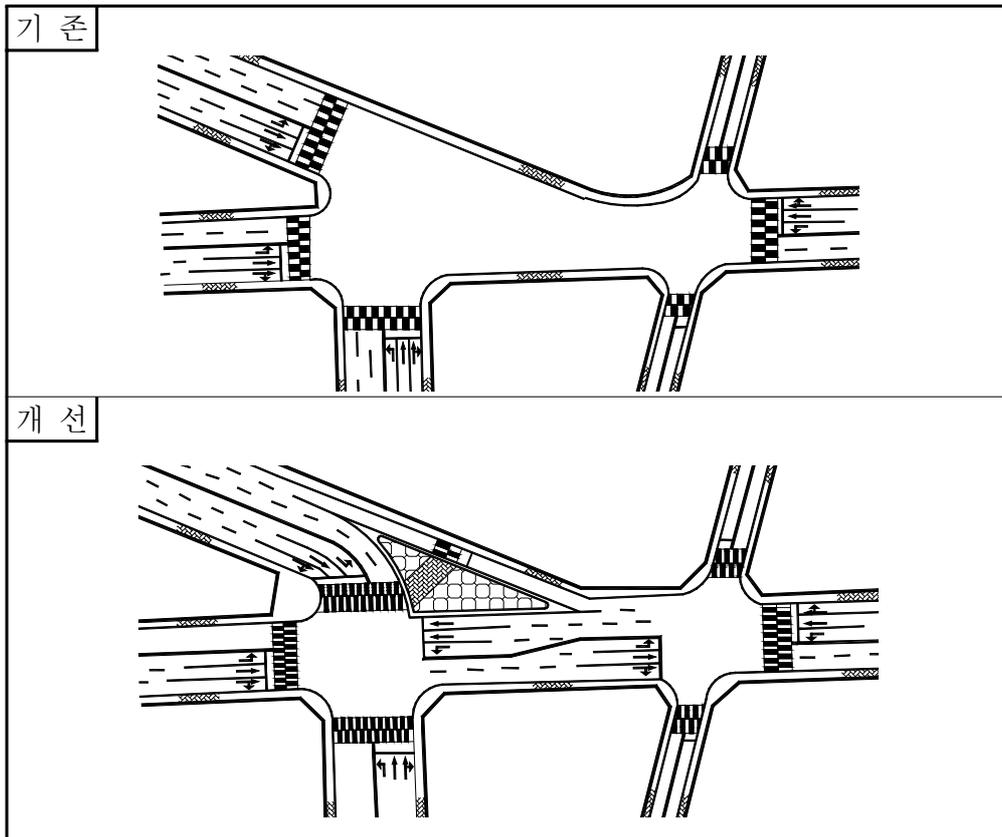
신설도로를 기존 도로에 그대로 접속시키면 교차로가 매우 크게 되기 쉽다. 그 결과 <그림 6.5>와 같이 여러갈래 교차로가 되면 지체와 사고의 문제가 발생하기 쉬운 것이다.



<그림 6.4> 교차로의 선형 개선

이 교차로는 면적이 매우 큰 여섯 갈래 교차로로 되어 있으며 교차로 내에 도류표시도 없어서 많은 문제가 있다. 이는 먼저 교차로를 2개로 분할하면서 동시에 교통섬을 설치하고 노면표시를 하여 2개의 네갈래교차로로 변경한다. 이러한 개선에서는 개선 후의 교통처리에 대하여 세밀한 대응이 필요하다. 예

컨대, 2개의 교차로간 거리가 짧으므로 교통류를 연속적으로 처리하는 현시의 설정이 필요하다.



<그림 6.5> 교차로 분할

6.2 도류화

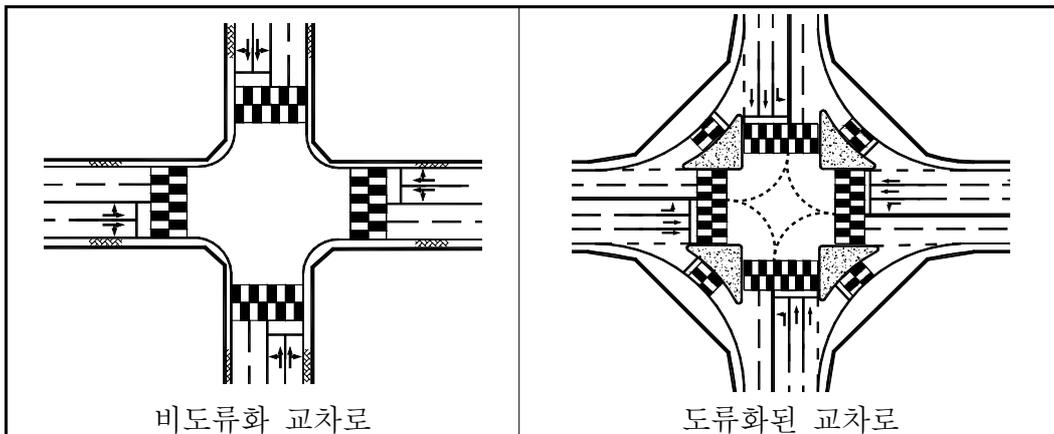
- 가. 평면으로 교차하거나 접속하는 구간에서는 필요에 따라 회전차로, 변속차로, 교통섬 등의 도류화시설을 설치한다.
- 나. 교차로에서 좌회전 차로가 필요한 경우에는 직진차로와 분리하여 이를 설치한다.

【해설】

도류화는 자동차와 보행자를 안전하고 질서 있게 이동시킬 목적으로 교통섬, 노면표시 등을 이용하여 상충하는 교통류를 분리시키거나 규제하여 명확한 통행 경로를 제시해주는 것을 말한다. 적절한 도류화는 용량을 증대시키며, 안전성을 높여주며, 쾌적성을 향상시켜 운전자에게 확신을 심어준다. 그러나 지나친 도류화는 혼동을 일으키기가 쉽고 운영상태가 나빠질 수 있으며, 부적절한 도류화는 나쁜 효과를 나타내어 설치하지 않은 것보다 못할 경우도 있으므로 주의한다.

6.2.1 도류화의 목적

- ① 두 개 이상의 자동차 경로가 교차하지 않도록 통행경로를 제공한다.
- ② 자동차가 합류, 분류 및 교차하는 위치와 각도를 조정한다.
- ③ 교차로 면적을 줄임으로써 자동차간의 상충면적을 줄인다.
- ④ 자동차가 진행해야 할 경로를 명확히 제공한다.
- ⑤ 높은 속도의 주 이동류에게 통행우선권을 제공한다.
- ⑥ 보행자 안전지대를 설치하기 위한 장소를 제공한다.
- ⑦ 분리된 회전차로는 회전자동차의 대기장소를 제공한다.
- ⑧ 교통제어시설을 잘 보이는 곳에 설치하기 위한 장소를 제공한다.
- ⑨ 불합리한 교통류의 진행을 금지 또는 지정된 방향으로 통제한다.
- ⑩ 자동차의 통행속도를 안전한 정도로 통제한다.



<그림 6.6> 도류화 설계

6.2.2 기본 원칙

도류화된 교차로 설계는 통상 설계자동차의 종류, 교차도로의 폭, 예상 교통량 및 용량, 보행자 수, 자동차 속도, 버스정류장 위치, 교통제어시설의 종류와 위치 등의 요소에 의해서 지배되며, 도로부지나 지형과 같은 물리적인 요소에 의해서 경제적으로 타당성 있는 도류화의 범위가 결정된다.

교차로를 도류화시킬 때는 기본적인 원칙을 따라야 하나, 그렇다고 다른 여건을 감안한 전체적인 설계특성을 무시하면서 이를 적용시켜서는 안 된다. 또한 독특한 조건 하에 설계원칙이 적용될 때는 이를 수정할 수도 있으나 이때 그에 따른 결과를 충분히 예상할 수 있어야 하며, 이와 같은 기본 원칙을 무시하면 위험성을 내포한 설계가 되기 쉬우므로 유의하여야 한다. 평면교차로에서의 도류화설계를 위한 기본원칙은 다음과 같다.

- ① 운전자가 한번에 두가지 이상의 의사결정을 하지 않도록 한다.
- ② 운전자에게 90도 이상 회전하거나 갑작스럽고 급격한 배향곡선 등의 부자연스런 경로를 주어서는 안 된다.
- ③ 운전자가 적절한 시인성과 인지성을 갖도록 시인성이 나쁜 시설물을 설치해서는 안 된다. 교통섬은 눈에 잘 띄도록 해야 하므로 교통섬 외곽 연석의 종류에 따라 적절한 보완시설을 하며, 교통섬 내에 시인성을 떨어뜨리는 식수 등을 하여서는 안 된다
- ④ 회전자동차의 대기장소는 직진교통으로부터 잘 보이는 곳에 위치하도록 한다.
- ⑤ 교통제어시설은 도류화의 일부분으로서 이를 고려하여 교통섬을 설계한다.
- ⑥ 설계를 단순화하고 운전자의 혼돈을 막기 위해서 횡단 또는 상충지점을 분리시킬 것인지 혹은 밀집시킬 것인지를 결정한다.
- ⑦ 필요 이상의 교통섬을 설치하는 것은 피해야 하며, 원칙적으로 도류화가 필요하다 하더라도 좁은 면적에서는 이를 설치하지 않는다.
- ⑧ 교통섬은 운행경로를 편리하고 자연스럽게 만들 수 있도록 배치해야 한다.
- ⑨ 곡선부는 적절한 곡선반경과 폭을 갖도록 한다.
- ⑩ 속도와 경로를 점진적으로 변화시킬 수 있도록 접근로의 단부를 처리한다.

6.3 세부 시행기법

평면교차로 개선시 고려사항은 다음과 같다.

- 가. 금지된 방향의 진로를 막는다.
- 나. 자동차의 주행경로를 명확히 한다.
- 다. 바람직한 자동차 속도를 유지하도록 한다.
- 라. 상충지점을 분리한다.
- 마. 교통류는 직각으로 교차하고 예각으로 합류토록 한다.
- 바. 주 교통을 우선적으로 처리한다.
- 사. 기하구조와 교통관제방법이 조화를 이루도록 한다.
- 아. 서로 다른 교통류는 분리한다.
- 자. 보행자나 자전거 이용자의 대피장소를 제공한다.

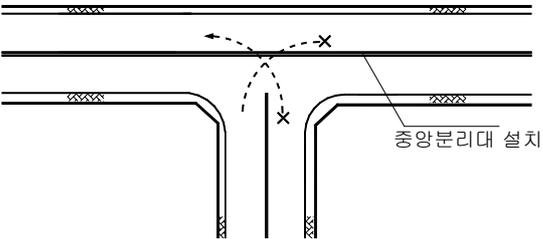
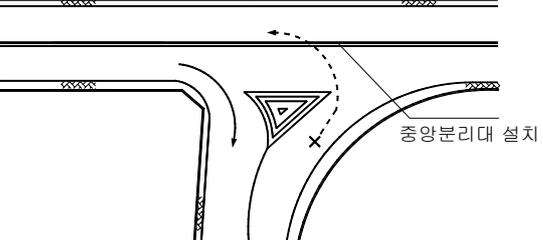
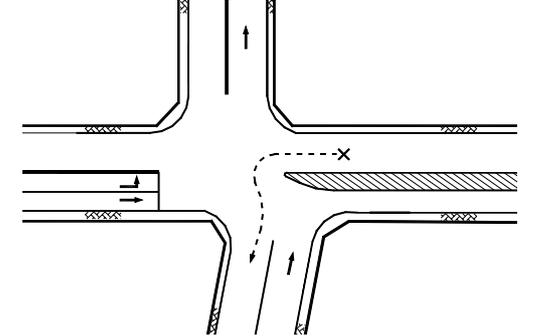
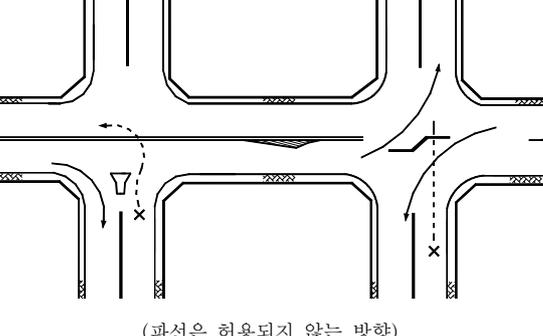
【해설】

가. 금지된 방향의 진로를 막는다.

교통섬, 분리대, 접속각의 조정 및 작은 곡선의 모퉁이 처리 등을 이용하여 불법 좌회전이나 바람직하지 않은 통행을 제한 또는 금지시킴으로써 교통안전과 교통소통을 원활하게 한다. 이런 방법이 주로 적용되는 것은 위계기능의 차이가 많이 나는 도로의 접속(연결로 포함), 여러갈래 교차로의 효율적인 운영, 일방통행로 등의 처리에 많이 이용되며 그 구체적인 방법은 다음과 같다.

나. 주행경로를 명확히 한다.

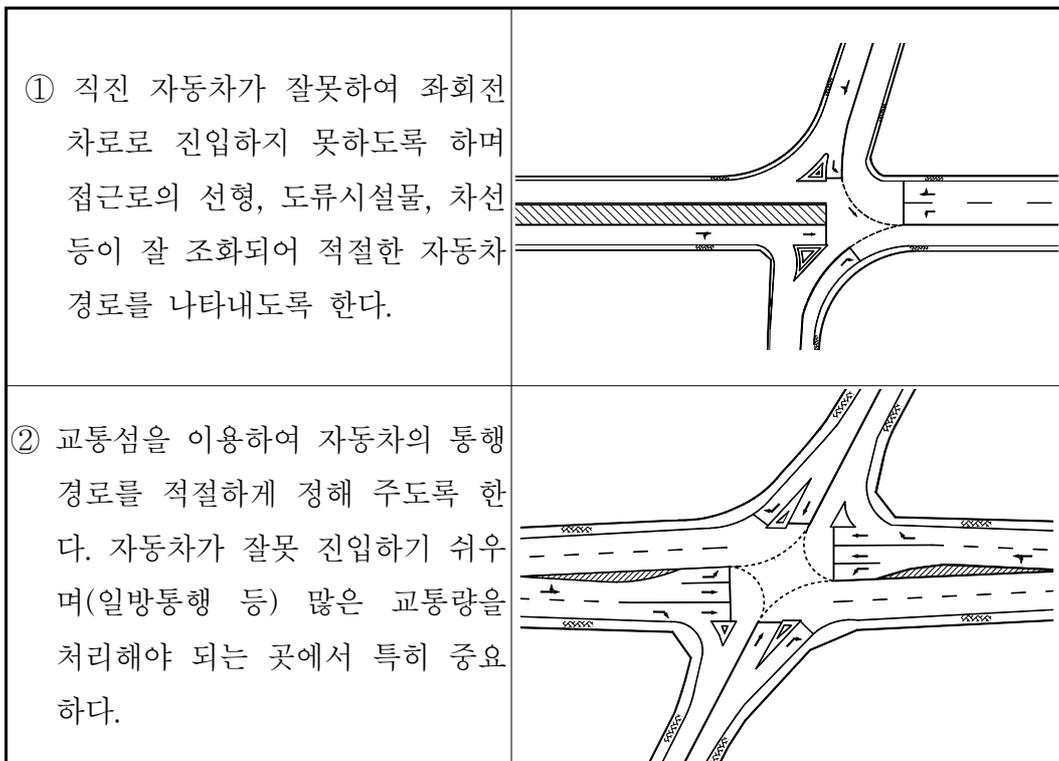
교차로의 형태 및 기하구조, 접근로의 선형, 교통섬, 노면표시 등을 복합적으로 활용하여 자동차의 주행경로를 명확히 한다. 이는 서로 다른 교통류를 분리시키며 안전성과 용량증대를 도모한다. 좋은 자동차 경로란 운전자의 기대치와 관계되는 것으로, 회전하려는 자동차의 운전자는 차로변경을 예상하며, 직진 자동차의 운전자는 직진차로로 계속 주행하는 것을 기대하게 되며, 어느 누구도

<p>① 중앙분리대를 설치하여 주도로와 부도로간의 좌회전을 금지시켜, 불법 좌회전에 의한 교통사고와 교통혼잡을 예방한다.</p>	
<p>② 접속도로의 접속각 조정과 접속부에 작은 곡선을 설치하여 우회전만 가능토록 함으로써 불법 좌회전을 예방한다.</p>	
<p>③ 분리대의 도류화와 접속도로의 조정으로 정상적인 통행은 방해하지 않고 위험한 불법회전을 예방한다.</p>	
<p>④ 교통섬을 설치하여 인접 교차로의 통행에 지장을 주지 않도록 바람직하지 않은 횡단과 좌회전을 금지시킨다.</p>	 <p>(파선은 허용되지 않는 방향)</p>

<그림 6.7> 금지된 방향의 진로를 막는 예

갑작스러운 차로변경을 예상하지 않는다. 따라서 주행경로를 자연스럽게 유도하는 도류화는 운전자의 기대치를 보완하는 것이 된다.

별도의 회전차로는 회전하려는 운전자에게 명확하게 시선유도가 되도록 하여야 하며 직진하려는 자동차가 진입하도록 하여서는 안 된다. 또한 모든 교통류를 도류화 시키기 위하여 지나치게 많은 교통섬을 사용하는 것으로 잘못 해석되어서는 안 된다. 특히 명확한 주행경로는 회전 교통량이 많은 곳, 주도로의 방향이 굽은 곳, 사각 교차로, 여러갈래 교차로 등과 같이 통행 특성이나 기하구조가 독특한 교차로에서 유의한다.

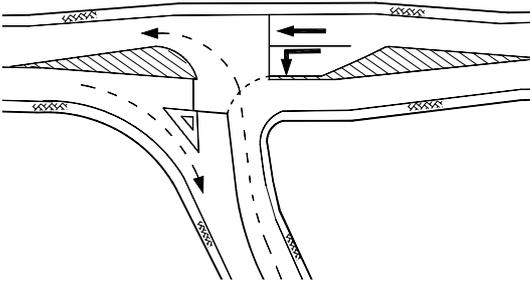
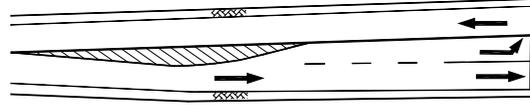
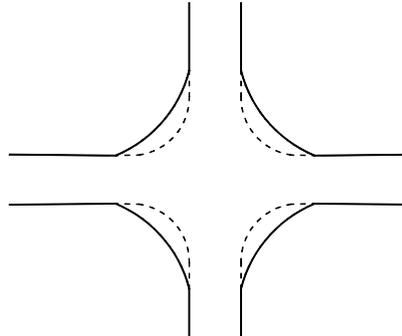


<그림 6.8> 주행경로를 명확히 한 예

다. 바람직한 자동차 속도를 유지하도록 한다.

바람직한 자동차 속도를 유지하도록 하는 것은 많은 교통량을 원활히 처리하고 높은 속도를 유지하도록 선형을 좋게 하는 것 뿐만 아니라 경우에 따라서는 높은 속도를 완화시키는 것을 말한다. 이렇게 바람직한 속도를 유지토록 하는 것은 교차로의 위치와 형식뿐만 아니라 교통관제도 중요한 요소 중의 하나가 된다. 일반적으로 많은 교통량과 높은 속도를 유지하여야 하는 주도로와 주도

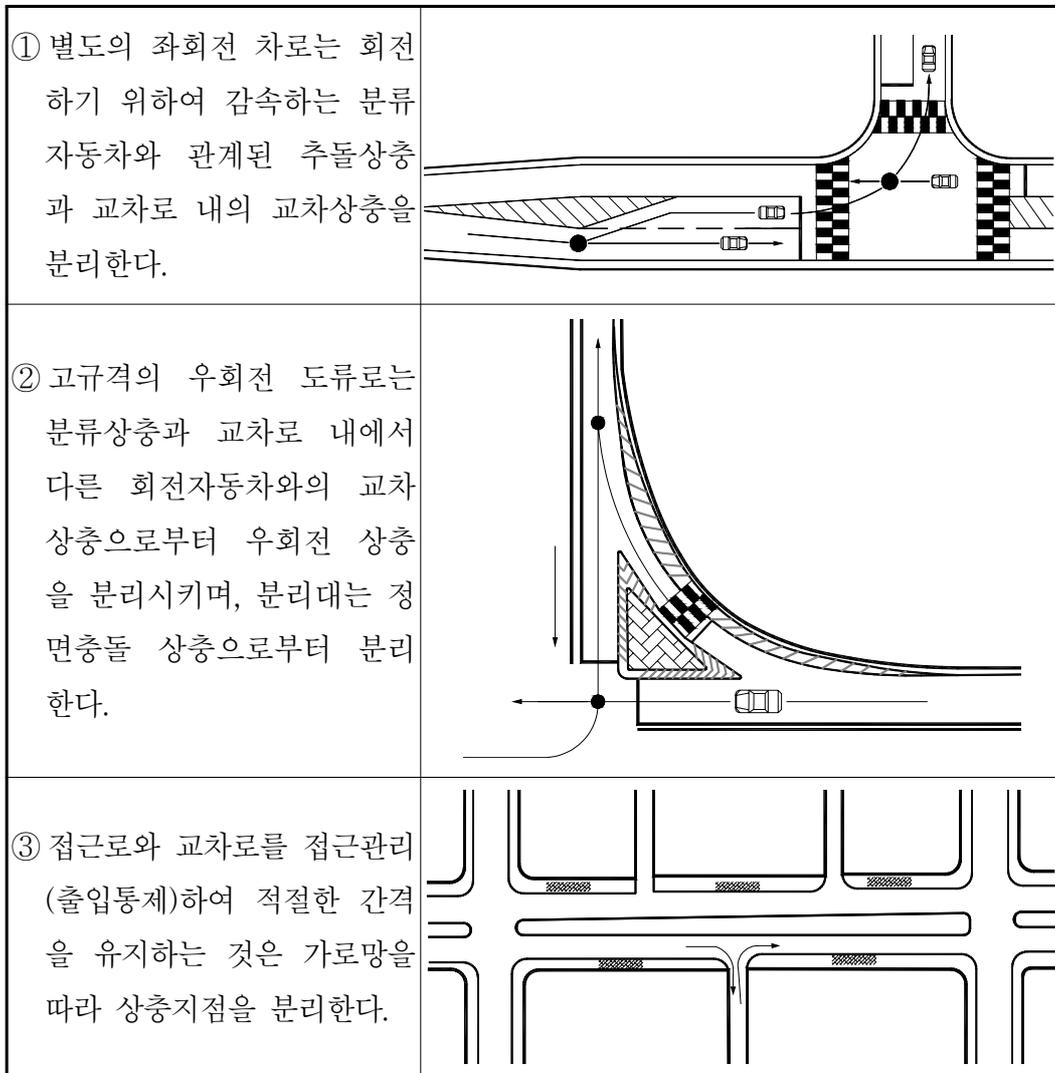
로에서 회전하는 이동류는 높은 속도를 유지하는 것이 바람직하며, 일시정지로 제어되는 부도로와 보행자 통행이 많은 교차로에서는 낮은 속도를 유지토록 하는 것이 바람직하다.

<p>① 선형과 도류화에 의한 감속을 유도시켜 낮은 속도로 일시정지 표지까지 접근시킴으로써 일시정지를 하지 않는 주도로상으로 안전하게 좌회전하도록 하며, 주도로에서 접속도로로는 높은 속도로 우회전하도록 한다.</p>	
<p>② 접근로 및 좌회전 테이퍼의 설계는 안전하고 쾌적한 감속을 할 수 있고 운전자의 기대치에도 부응하도록 한다. 길고 완만한 접근로의 테이퍼는 좋으나 좌회전 테이퍼는 회전자동차의 유도와 직진 자동차의 혼돈을 방지하기 위하여 너무 길지 않게 한다.</p>	
<p>③ 보행자와의 상충이 많은 곳에서 우회전 속도를 줄이도록 회전부는 작은 모서리를 사용하며, 많은 교통을 처리해야 하는 곳은 높은 속도를 유지할 수 있도록 큰 곡선반경을 사용하는 것이 좋다.</p>	

<그림 6.9> 바람직한 자동차 속도를 유지하는 예

라. 가능한 상충지점은 분리한다.

회전차로의 설치, 교통섬의 설치, 접근로의 조정과 같은 도류화 기법은 모두 상충지점을 분리하기 위한 것으로, 이는 상충에 대하여 운전자가 차례대로 인지하고 반응할 수 있도록 한다. 상충지점의 분리는 시간적 요소와 인지, 반응경로 등의 주행특성에 초점을 주어져야 하므로 상충의 분리를 위한 설계는 속도에 대하여 매우 민감하다. 특히 지방지역 교차로에서 고규격 도류화의 안전문제는 상충지점 사이의 불충분한 거리 때문으로 추정할 수 있다.



<그림 6.10> 상충지점의 분리 예

마. 교통류는 직각으로 교차하고 예각으로 합류토록 한다.

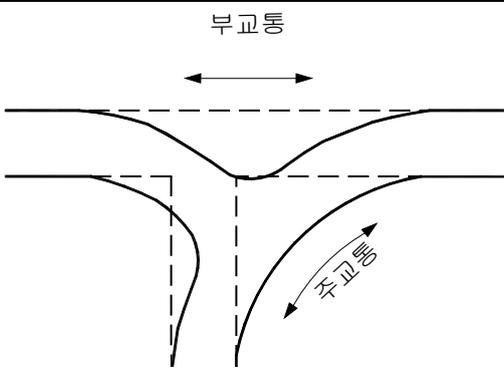
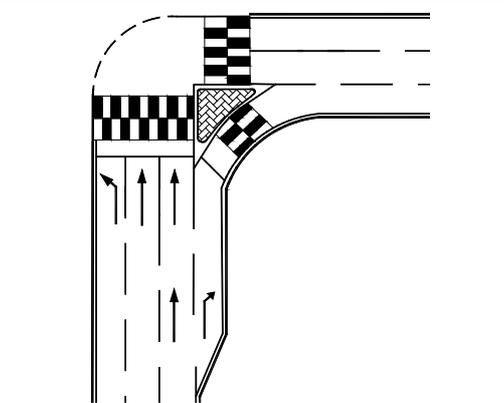
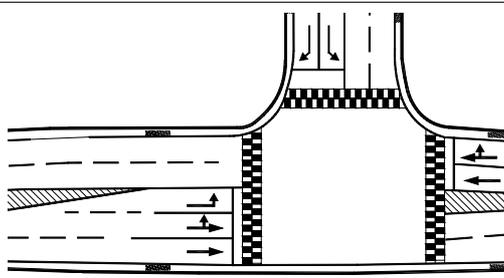
교통류의 교차와 합류는 접근로의 기하구조, 교통관제, 주행속도 등을 반영하여야 하며, 실질적인 상충의 가능성과 심각한 상충을 모두 최소화시킬 수 있어야 한다. 도류화 및 선형설계는 교차하는 자동차의 흐름을 가능한 한 직각에 가깝게 되도록 하며, 합류되는 곳에서는 합류되는 도로의 선형이 작은 각을 이루도록 한다. 이는 상충면적과 교차시간을 줄이며, 상대속도를 최소화시켜 교차 교통류의 상대속도와 상대위치에 대한 판단을 쉽게 하도록 하는 것이다.

<p>① 직각으로 교차하는 거리(d_r)는 사각으로 교차하는 거리(d_s)보다 짧게 되어, 직각교차는 교차로의 상충에 노출되는 시간과 거리를 최소화시킨다.</p>	
<p>② 사각교차로는 접근로에 접근하는 운전자의 가시각을 방해하며 어색하게 만든다. 특히 그림과 같은 경우는 운전자의 가시선이 자동차 내부에서도 방해가 받게 되어 더욱 나쁜 경우가 된다.</p>	
<p>③ 예각으로 합류되는 도로를 권장하는 데, 이는 합류각이 작아지면 충격에너지가 적어지므로 치명적인 사고와 상충이 줄어들고 짧은 차두간격을 이용할 수 있어 교통소통에도 유리하기 때문이다.</p>	

<그림 6.11> 교통류의 교차 예

바. 주 교통을 우선적으로 처리한다.

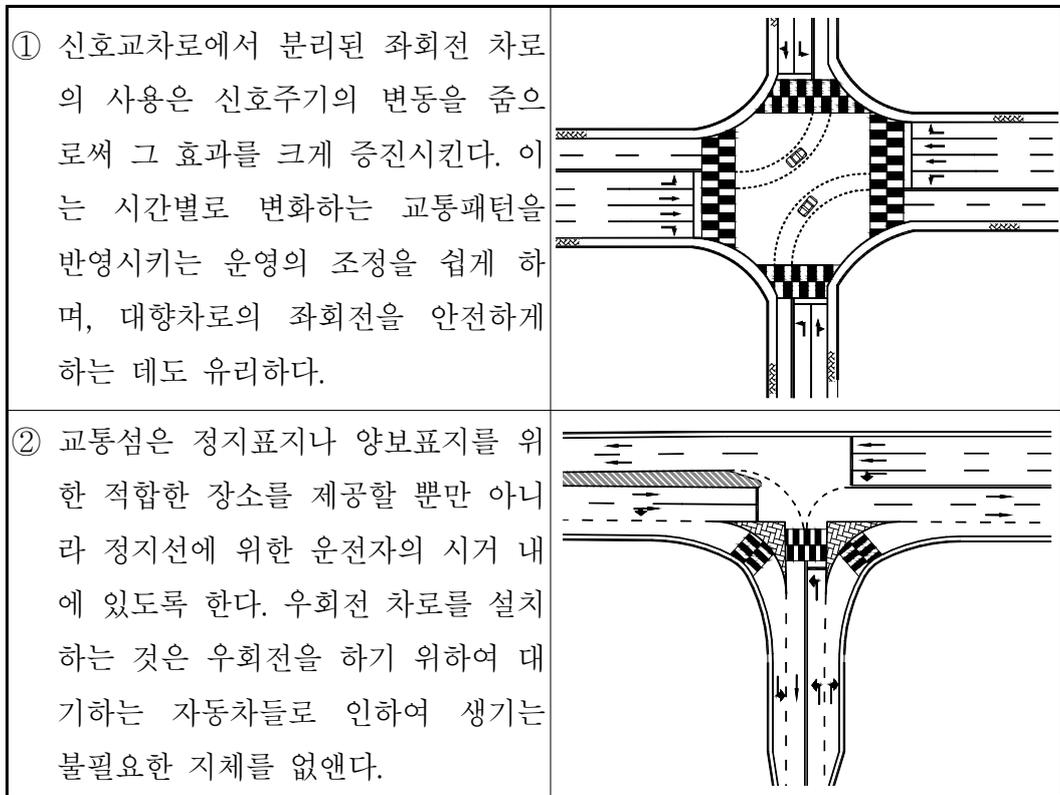
높은 우선순위를 갖는 주교통은 높은 도로용량을 필요로 할 뿐만 아니라 운전자의 기대치가 높게 되므로 교차로의 기하구조와 교통관제는 주교통을 우선적으로 처리할 수 있도록 한다. 주교통을 우선적으로 처리하기 위한 접근로의 모양과 기하구조는 명확히 되어야 하며, 특히 노선이 굽은 교차로, 회전교통이 많은 곳, 여러갈래 교차로와 같이 비정상적인 특성을 갖는 교차로에서 중요하다. 또한 적절한 기하구조의 변경과 도류화는 교통운영을 보완하는 데 매우 효과적이다.

<p>① 주교통측의 선형을 변경시킴으로써 회전교통량을 직진의 통과교통으로 변화시키고, 적은 교통량의 방향을 중으로 하여 회전교통으로 한다.</p>	
<p>② 모든 접근로를 완전히 도류화하며 주도로상의 직진교통을 우선 처리한다. 좌회전 차로를 분리시키고 우회전 도류로를 설치하여 직진 자동차를 포함한 상층을 최소화함으로써 모든 접근도로에서의 교차로 모습을 통행 우선권과 일치시킨다.</p>	
<p>③ 교차로 접근로의 차로 배치는 직진교통과 회전교통의 비율에 따라 설치한다. 좌회전 교통량이 매우 많은 경우에는 2차로의 좌회전 차로를 설치한다.</p>	

<그림 6.12> 주교통을 우선적으로 처리한 예

사. 기하구조와 교통관제방법이 조화를 이루도록 한다.

교차로의 기하구조와 교통관제는 매우 밀접한 관계가 있다. 잘된 도류화 설계는 교통관제에 대하여 운전자의 인지를 보강할 뿐만 아니라 교차로 운영을 최적화하는 데 중요하며 신호기, 표지판, 정지선 및 노면표시 등의 차로배치는 모든 접근로에서 신호등 표시를 볼 수 있도록 하여야 하며, 정지제어도 접근하는 교차로 설계시는 정지의 필요성을 증진시키고 교차하는 도로의 양측으로 시거선이 확보되어야 한다.



<그림 6.13> 기하구조와 교통관제

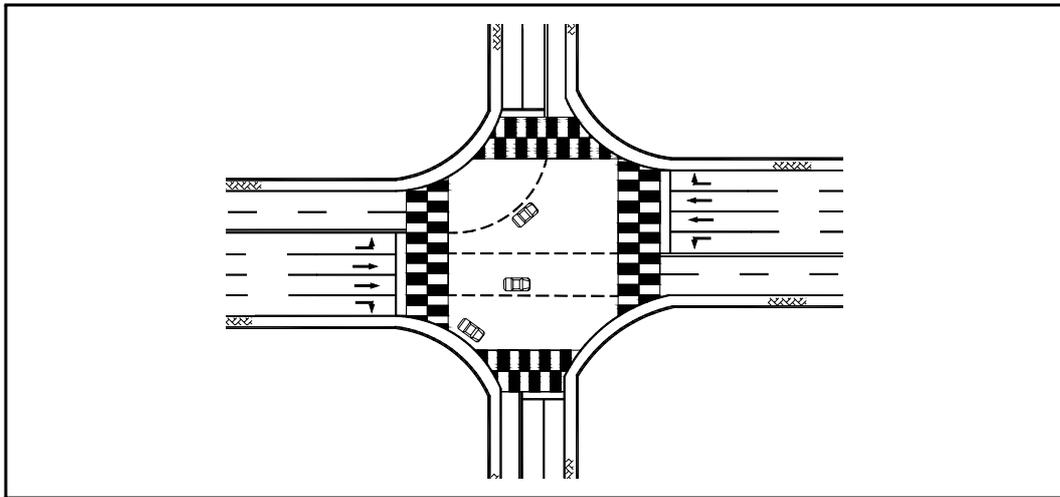
아. 서로 다른 교통류는 분리한다.

동일한 교통류 내에서 교통사고의 가장 큰 요인이 되는 것은 자동차간의 속도 차이로서 그 발생빈도로 보아 교차로에서 자동차간 속도 차이가 가장 중요하다. 모든 회전자동차들은 주행의 안전성과 쾌적성을 위하여 감속을 하게 된다.

특히 좌회전 자동차는 신호를 지키거나 대향차로의 차두간격이 충분하게 될 때를 기다리기 위하여 감속해야만 한다.

따라서 높은 속도를 갖는 직진 자동차와 회전을 위해 감속 및 정지를 하는 교통류를 분리함으로써 충돌 상충을 줄여 교차로의 안전성을 향상시키고 통과 자동차가 전방의 회전자동차에 의하여 방해받지 않고 진행할 수 있으므로 교차로의 용량을 증대시킬 수 있다.

- ① 높은 속도를 갖는 지방지역에서는 고속 충돌사고의 잠재성을 줄이기 위하여 회전교통량에 관계없이 별도의 좌·우회전 차로를 설치함으로써 직진(통과)자동차와 회전을 위한 감속 또는 대기 자동차를 분리시켜야 한다.
- ② 낮은 속도의 지방지역 도로나 도시지역 가로에서의 좌회전 차로는 직진 자동차와 대기 자동차를 분리시킴으로써 직진 자동차와 충돌 없이 좌회전 교통류가 좌회전 신호를 기다리거나 대향차로의 차두간격을 선택할 수 있도록 한다.

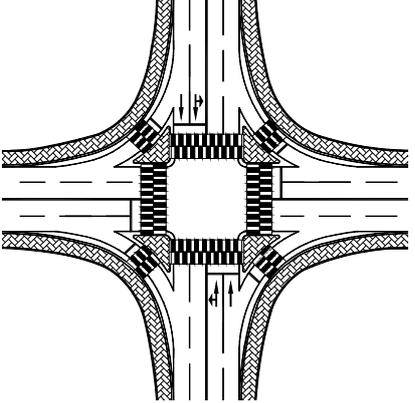
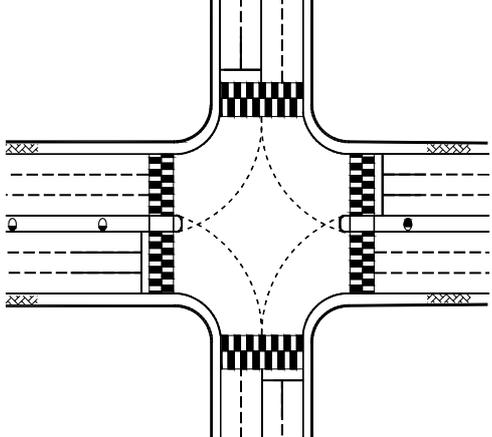
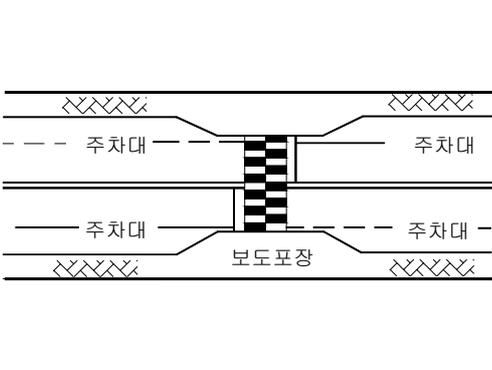


<그림 6.14> 교통류 분리

자. 보행자나 자전거 이용자를 위한 대피장소를 제공한다.

보행자, 자전거 이용자 등은 자동차와의 상충에 매우 취약하며 치명적이므로 이들을 위한 대피장소 등의 시설물은 대단히 중요한 시설물이 된다.

교통섬, 분리대 등의 도류시설물은 자동차통행에 방해가 주지 않으며 상층에 취약한 보행자나 자전거 이용자의 노출을 최소화할 수 있으므로 이들을 위한 최대의 시설물이다.

<p>① 큰 곡선반경을 가지며 도류화 되지 않은 우회전은 교차로 면적을 증대시키고 보행자가 상층에 크게 노출된다. 돌출된 교통섬은 보행자의 피난장소를 제공하며 횡단을 위해 자동차와의 상충되는 노출시간을 최소화한다.</p>	
<p>② 넓은 간선도로의 돌출된 중앙분리대 도류시설은 횡단보행자에게 중간 피난처를 제공하며 횡단에 대한 총 노출시간을 줄이며, 보행자가 한번에 한 방향 교통에만 집중할 수 있도록 한다. 특히 일반인보다 횡단에 많은 시간이 소요되는 노인과 장애인에게 매우 중요하다.</p>	
<p>③ 단로부 횡단보도의 돌출된 보도는 횡단시간을 단축시켜 보행횡단을 촉진시키며 병렬 주차 자동차를 보호한다 (이러한 특별한 구간에서의 처리는 낮은 속도의 가로에만 적용해야 하며, 단로부의 보행자를 운전자에게 경고하는 것이 중요하다).</p>	

<그림 6.15> 보행자나 자전거 이용자를 위한 대피장소

