

“ 산림토목학 및 실습 ”

## 임 도 (Forest Road)

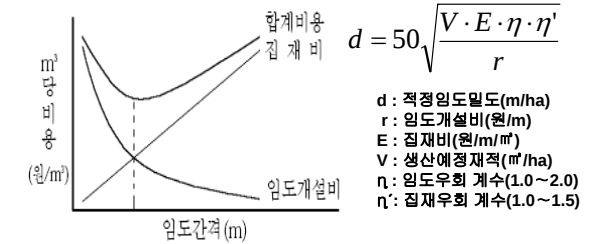
- 2008년 3월 24일 -

### ❖ 산림기능별 임도밀도

|             |                                                                                  |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 기 본 임 도 밀 도 | 조림부터 수확까지 산림작업에 투입되는 노동인력들의 비생산 노동경비를 임도시설에 전환하여 사회간접자본화하는 개념                    |
| 적 정 임 도 밀 도 | 임업생산비 중 임도개설연장의 증감에 따라 변화되는 주벌의 집재비용과 임도개설비의 합계를 가장 최소화시키는 임도밀도                  |
| 지 선 임 도 밀 도 | 임지조건에 따라 집재방법과 운제시스템의 효율성을 계수로 정하고 그 산림에 적용될 수 있는 집재장비의 최대집재거리로서 경험적인 임도밀도의 산출방법 |

목표

### ❖ 적정임도밀도(Optimum Forest Road Density)



목표

집재폭(2a), 임도의 직선거리(b), 임도우회계수(η), 집재우회계수(η')로 했을 때, ha당 임도밀도(d)는 다음식과 같다.

$$d = \frac{b \cdot \eta}{2a \cdot b} = \frac{5,000\eta}{a}$$

여기에서 m당 임도개설비용을 r, 단위재적(m³)당 및 단위거리(m)당 집재비용을 E, ha당 목재생산량을 V라고 하면 임도개설비(A)와 집재비(B)는 다음식으로 나타낼 수 있다. 즉,

$$A = r \cdot b \cdot \eta$$

$$B = E \cdot V \cdot \frac{2a \cdot b}{10,000} \cdot \left( \frac{a}{2} \cdot \eta' \right)$$

목표

여기서 목재생산량가함수(K)는 임도개설비(A)와 집재비(B)의 합계(K)이므로 다음식과 같다.

$$K = A + B = r \cdot b \cdot \eta + E \cdot V \cdot \frac{a^2 \cdot b \cdot \eta'}{10,000}$$

또 이것을 단위면적(ha)당 환산하면 다음 식(Ka)과 같다.

$$Ku = \frac{K}{2a \cdot b} = \frac{r \cdot \eta}{2a} + \frac{a}{2} \cdot \frac{E \cdot V \cdot \eta'}{10,000}$$

여기서 K값을 최소로 하는 집재폭(a)을 구하려면 Ka값을 미분하면 된다.

$$\frac{dKu}{da} = \frac{r \cdot \eta}{2a^2} + \frac{E \cdot V \cdot \eta'}{2 \times 10,000} = 0$$

$$\therefore a = 10^2 \sqrt{\frac{r \cdot \eta}{E \cdot V \cdot \eta'}}$$

목표

$$\therefore a = 10^2 \sqrt{\frac{r \cdot \eta}{E \cdot V \cdot \eta'}} \quad d = \frac{5,000\eta}{a}$$

위식에서 처음의 임도밀도식을 대입하면 다음식과 같이 된다.

$$d = 50 \sqrt{\frac{V \cdot E \cdot \eta \cdot \eta'}{r}}$$

목표

## 2. 임도개설 순위

❖ 동일하게 편성된 임도의 노장은 여러 가지 인자에 따라서 각각 개설 우선 순위가 결정되어야 함.

❖ 일반적으로 적용되는 각종 인자들을 수치화시켜 수량화나 계량학적으로 표현  
⇒ 계획단계에서는 모든 현상이나 지형들이 시설된 상태로서 정량화 된 것이 아니고 추상적인 상태  
⇒ 수량화나 계량학적으로 표현이 어렵다.

❖ 연결성, 이용성, 개발도, 기능분류, 국유림과 사유림의 중복구간, 개설위치, 경제성 등의 요인을 등급으로 범주화  
⇒ 전문가의 판단에 의한 주관적인 점수를 부여  
⇒ 높은 점수의 순위대로 임도노선의 우선순위를 결정

❖ 인공림을, 직경, 개발면적, 유령림을, 지리급 등의 구체적인 인자를 사용하기도 한다.

목표

### 임도개설 순위에 적용되는 인자

|                |                                                                                                                                                          |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연 결 성          | <ul style="list-style-type: none"> <li>계획임도의 시종점이 연결되는 시설도로의 종류</li> <li>접근성의 의미를 내포</li> </ul>                                                          |
| 이 용 성          | <ul style="list-style-type: none"> <li>계획상의 임도가 해당 임업경영단지에 기여할 주용도</li> <li>계획임도의 순환성과 접근기능의 의미를 내포</li> </ul>                                           |
| 개 발 도          | <ul style="list-style-type: none"> <li>계획임도의 위치에서 상단부 임도와의 최소, 최대 간격의 평균치 및 하단부 임도와의 각각의 평균치를 합한 평균거리</li> <li>계획임도가 활용될 수 있는 구역면적의 임도이용율을 의미</li> </ul> |
| 기 능 분 류        | <ul style="list-style-type: none"> <li>계획임도가 경유하게되는 지역의 성격에 따라 점수부여</li> <li>전체 노선연장에서 거리별 점수를 합한 값</li> <li>((거리·점수)/전체거리)의 값을 반올림한 값</li> </ul>        |
| 국유림과 사유림의 중복구간 | <ul style="list-style-type: none"> <li>국유림에서의 경우 임도가 사유지를 통과하는 연장을 표시</li> <li>사유지를 많이 통과하는 노선의 우선순위가 낮음.</li> </ul>                                     |
| 개 설 위 치        | <ul style="list-style-type: none"> <li>지형상의 위치에 따라 구분</li> <li>임도의 활용성뿐만 아니라 시설 단계와도 관계가 있는 인자</li> </ul>                                                |
| 경 제 성          | <ul style="list-style-type: none"> <li>컴퓨터를 이용하여 임도망 편성시, 양각기계획법으로 편성한 임도망과의 부합정도</li> <li>계획임도가 전산노장의 흐름에 대한 적합성</li> </ul>                             |

목표

### 국유림에서 임도개설 우선순위 인자별 점수표의 예

| 인 자            | 점수별 내역       |                   |                 |                |             |
|----------------|--------------|-------------------|-----------------|----------------|-------------|
|                | 5            | 4                 | 3               | 2              | 1           |
| 연 결 성          | 공도           | 기설임도              | 마을도             | 개수필요 마을도       | 기설도로와 미연결   |
| 이 용 성          | 주간선로         | 주임도               | 부임도             | 지선임도 (연결/접근기능) | 지선임도 (접근기능) |
| 개 발 도          | 700m 이상      | 500~700m          | 300~500m        | 100~300m       | 100m 이하     |
| 기 능 분 류        | 주요시설 예정지역 통과 | 기본시행림 용재경영림 복합경영림 | 보건휴양림, 야생동물보호구역 | 생태보존림          | 학술보존림       |
| 국유림과 사유림의 중복구간 | 미포함          | 0~250m            | 250~500m        | 500~1,000m     | 1,000m 이상   |
| 개 설 위 치        | 산책부          | 산책부               | 산정부             | 계곡부            | 능선부         |
| 경 제 성          | 3km 이상       | 2~3km             | 1~2km           | 0~1km          | 미포함         |

목표

### 3. 임도노선 계획

- ❖ 면적이 광대한 산림에서 전체적인 노망을 설계하는 경우
  - 우선적으로 자연환경 기초조사를 바탕으로 한 토지이용구분 실시
  - 영림계획 수립
  - 가능한 여러가지 대안노선의 설계 및 검토
- ❖ 과학기술의 진보에 의한 노망계획의 분야에서도 최근 많은 가치 있는 합리화 수단을 이용 ⇒ **단기간에 많은 대안을 비교 검사**
  - 사진측량
  - 지리정보시스템(GIS)
  - 원격탐사(Remote Sensing)
  - 수치지형모델(DTM), 수치지형시뮬레이터(DGS)
- ❖ 아직까지는 참고의 대상 ⇒ 전문가의 경험에 의한 계획방법들이 더 합리적이고 신속한 결과를 보임.
- ❖ 지상에서의 충분한 답사는 노망설계의 기술부분에서 가장 중요한 핵심

최종

- ❖ 임도망 계획하고, 대안노선의 비교평가지 필요한 정보
  - 지형정보(지형도 : 전체계획 - 1:50,000 ~ 1:25,000  
노망계획, 노선설정 : 1:5,000)
  - 산림과 그사업법에 대한 정보  
(영림계획도, 임상도, 산림기능 구분도)
  - 도로건설 및 교통에 대한 기술적, 경제적, 법규적인 자료 및 조건에 대한 정보
  - 개설 및 특별한 지형, 지질, 토질상태와 수문에 대한 정보  
(지질도, 토질도, 입지도, 사면안정도구분도 등)
- ❖ 현지 답사의 시간절약
- ❖ 주요 통과지점의 선정 작업에 용이

최종

### ◆ 임도망 계획시 검토사항



#### 사회적 요인



#### 경제적 요인



#### 기술적 요인

최종

#### 사회적 요인

관계기관과 협의, 조정하고 지역주민의 의견 수렴 필요

- ❖ 산림경영의 현황과 금후계획 예측
- ❖ 도시집락, 촌락, 경작지와 관계(노선통과에 따른 분석)
- ❖ 주택, 식수 등의 주거환경과 관계(접근에 의한 소음, 오염 등의 피해, 경관저해 등의 환경문제)
- ❖ 유적, 매장문화재, 절, 묘지 등 민족유산과 관계(통과에 의한 파괴)
- ❖ 자연경관, 자연생태계와 관계(자연환경의 파괴)
- ❖ 자연조건의 변화(수리, 기상학의 변화에 따른 수해, 냉해 등)
- ❖ 지역의 장래 계획과 관계(타 개발사업계획 검토)

최종

#### 경제적 요인

공사비와 유지관리비 등의 투자적인 측면과 그 투자에 따라 얻어지는 경제적인 편익에 대해 계량적으로 평가

#### ❖ 개략 계획 단계에서 경제적 요인 검토

- ① 노망 전체 또는 개개노선에 대한 경제성 여부를 따져서 경제성 타당성을 판단.
- ② 편익에는 집·운재비 감소, 통근시간 단축, 임산물 가치성 향상 등의 직접적인 편익과 주변지역에 미치는 영향 등의 간접적인 편익으로 구분.

최종

#### ❖ 기본 계획 단계에서 경제적 요인 검토

- ① 임도망 계획으로 설정된 각각의 노선 또는 하나의 노선내에 일부구간에 대한 비교노선이 있는 경우와 시정, 중정의 설치위치 등에 대하여 경제적 평가를 하거나, 주요구조물의 기본형식에 대해서도 공사비와 유지관리비 등의 경제성을 검토.
- ② 비교노선이 비교적 길어서 각 구간에 대한 이해관계가 다를 경우에는 각각에 대한 평가가 필요하다. 특히 장거리 노선의 통과위치가 다를 경우에는 개략계획과 마찬가지로 간접적인 편익과 그 이외의 사회적 효과도 포함하여 검토.

최종

#### 기술적 요인

#### ❖ 교통 기술적 요인 (교통의 안전성과 원활한 이동성의 관점에서 검토 평가)

- ① 지역도로망의 연계성 검토 : 지역도로망으로서 적합성, 시·중점 교통처리방안, 병목현상(Bottle Neck) 방지 등을 검토.
- ② 설계속도와 선형설계의 검토 : 일정구간에 대한 동일한 설계속도의 적용이 가능한 선형, 직진성(Directness) 등을 검토.
- ③ 집재장, 회전장, 대피소 등의 검토 : 집재작업 등 산림작업의 수행 중 차량교통, 지체 등으로 인하여 교통이 지체되거나 중단되는 일이 없도록 간격과 구조를 검토.
- ④ 교통용량 및 활용수준을 분석.

최종

#### ❖ 구조 기술적 요인 (시공성과 안전성 및 유지관리상의 문제점을 검토 평가)

- ① 지질, 토질 등 자연조건 : 시공중 또는 시공후의 유지관리측면을 고려하여 재해위험지역, 단층·파쇄대지역, 벼랑(Cliff, Bluff)지대, 대규모 절토지, 연약지반, 깊은 계곡부 등의 통과여부를 검토.
- ② 하천, 큰 계곡의 도하지점 : 수리, 수문, 지질, 하폭, 어류목 등을 고려.
- ③ 타 도로 및 철도와의 접속 : 교차부의 선형 및 가시거리 등을 검토.
- ④ 대능선의 통과 : 우회, 절개 등에 대한 비교 검토를 실시.

최종

#### ❖ 실시 설계 단계에서 경제적 요인 검토

- 선형과 도로구조물의 설계에 대한 공사비와 유지관리비를 비교하는 것이 주체가 되는 것으로 기본계획 등에서 검토된 경제성 분석의 내용을 최종적으로 확인.

최종

### ❖ 작업적 요인

(작업성 및 활용성을 검토 평가)

- ① 설치 위치 : 활용가능 자동차 및 기계장비의 종류, 작업방법 등을 검토.
- ② 산림생산성 향상성 : 지형(경사도, 기복도 등), 임상, 경급, ha당 재적 등을 검토.

목표

### ◆ 임도노선 계획시 검토사항



#### 개 략 계 획



#### 기 본 설 계



#### 실 시 설 계

목표



### 개 략 계 획

- ❖ 개략계획은 임도망계획에서 구상된 어느 한 노선에 대한 현지 노선선정작업의 준비단계.
- ❖ 1/50,000 또는 1/25,000 지형도에 주요 지역도로망과 구역내로 통과 또는 연결되는 농로, 마을도로, 경작지도로까지 확인하고 임산물의 반출순로와 주변 교통체계상의 특성을 비교·분석하여 각 노선의 통제점(Control Point)을 감안하는 예비노선대를 설정.
- ❖ 노선의 특성을 파악 분석하여 노선계획대를 결정.
- ❖ 평면선형은 설정된 설계속도에 대응하는 종단물매와 평면곡선반경 이상으로 설정될 수 있는지를 점검.
- ❖ 지형이 험준한 곳에서는 종단선형이 중요하므로 등고선의 높이를 읽어 종단계획도를 개략적으로 작성하여 개략적인 물매나 교량 설치위치와 길이, 도공의 난이도 등을 파악.
- ❖ 각 노선별로 길이와 주요구조물이 확정되면 개략공사비를 산출.
- ❖ 사회성, 경제성, 기술성 등을 종합평가하여 노선계획대를 결정하여 지형도에 디바이더를 이용하여 예비노선을 작도.

목표



### 기 본 설 계

- ❖ 개략계획단계에서 설정된 노선계획대에 따라 1/5,000 또는 1/1,200 지형도에서 예비노선에 대한 선형을 보다 세밀히 검토하여 공사비를 산출하고 경제성분석 등을 수행하여 최적노선을 결정.
- ❖ 지형도에 사회적조건과 자연적조건, 지질, 지역계획, 가옥, 묘지 등 각종 현황조사자료를 이용, 세부적인 통제점을 표시하고, 평면선형을 그리고, 종단면도를 작성하여 종단선형의 상황에 따라서 평면선형을 수정한 후 평면도를 확정.
- ❖ 입체적인 선형이 결정되면 100m마다 횡단면도를 작성하여 개략적인 임도를 설계.
- ❖ 교량 등 주요 구조물의 규모와 대략적인 구조형식을 결정할 때에는 지질조사와 함께 시공상의 난이도를 검토하여 개략적인 공사비를 이 단계에서 적산.
- ❖ 비교노선이 있는 경우에는 먼저 선형을 그려서 노선연장, 각종 지장물, 기하구조적 조건, 절·성토 높이 및 균형, 구조물 길이, 시공조건, 유지관리조건 등을 고려하여 2~3개의 대안을 만들고, 공사비와 편익비 등을 계산하여 비교노선간의 우열을 판정한 후 최적노선을 결정.

목표



### 실 시 설 계

- ❖ 기본설계의 결과를 기초로 통제점을 확인하고 각 구간마다 설계기준으로 제시된 기준에 맞게 설계한다.
- ❖ 중심선은 20m 간격으로 측점을 부설하여 체계적인 공사실행을 하기 위한 설계도·서를 작성하고, 용지폭을 결정하여 부지를 확정하며 공사비를 산정한다.

목표



### 개 략 계 획



[강원도 강릉 추운진 삽교임도]



[강원도 정선군 임계면 중봉산]



[강원도 정선군 임계면 중봉산]



[강원도 정선군 가리왕산]

목표

## III. 임도의 구조

- ❖ 교통안전과 운재능력 등에 지대한 영향

- ❖ 평면선형, 종단선형, 횡단구조, 시설물

- ❖ 임도계획시 임도를 통행하는 차량에 관한 조건, 임도의 종류, 임도가 위치하는 지역, 지형 등의 외적 조건을 만족하는 구조를 검토  
⇒ 표준화의 필요

- ❖ 임도시설규정에 임도구조의 표준화 규격을 표시

⇒ ※ 임도시설규정 찾아오기!!!([www.foa.go.kr](http://www.foa.go.kr))

목표

## 3.1 설계차량과 설계속도, 차도폭

### ◆ 설계차량

- ❖ 폭원구성, 곡선부의 확폭량, 종단물매 등의 구조 결정  
⇒ 차량의 규격이나 성능의 지정
- ❖ 설계차량 : 임도설계의 기초가 되는 차량의 지정
- ❖ 임도시설규정의 설계기준 차량 : 소형자동차, 보통자동차, 트레일러연결차
- ❖ 이용목적에 따라 통행가능한 자동차 중 최대의 규격 적용

| (단위 : m)   |     |      |     |     |
|------------|-----|------|-----|-----|
| 종 류        | 구 분 | 길이   | 너비  | 높이  |
| 소형자동차      |     | 4.7  | 1.7 | 2.0 |
| 보통자동차      |     | 13.0 | 2.5 | 4.0 |
| 세미트레일러 연결차 |     | 16.7 | 2.5 | 4.0 |

목표

### ◆ 설계속도

- ❖ 설계차량의 속도로서 곡선반지름, 시거, 폭원 등의 선형요소의 결정에 기준이 됨.
  - 평지보다 산지인 경우를 낮게
  - 장거리교통보다 단거리교통인 경우를 낮게
  - 교통량이 많은 노선보다 적은 노선인 경우를 낮게
- ❖ 앞차 앞면과 후속차 앞면의 간격과 그곳을 통행하는 교통량으로 부터 산출
  - ⇒ 임도는 보통 1차선 ⇒ 자동차의 교행이 어려움
  - ⇒ 대피소간의 왕복거리와 교통량으로 산출

$$V = \frac{N \cdot d}{1,000}$$

여기서, V : 자동차의 주행속도 또는 설계속도(km/hr)

N : 시간당 교통량(대/hr)

d : 차두간격 또는 대피소간의 왕복거리(m)

목표

**예제)** 새안군 관내에 신설되는 임도의 설계속도를 산출하기 위하여 주위의 실경을 검토한바 대피소 간격은 300m, 시간당 교통량은 50대/hr로 나타났다. 설계속도는 얼마인가?

**풀이)** 설계속도(V) =  $50 \times (300 \times 2) / 1,000 = 30 \text{ km/hr}$

최소

### ◆ 차도 폭

- ❖ 1차선일 경우
  - 설계속도에 의한 경우

$$W = B + \frac{V}{50} + 0.5$$

여기서, W : 차도폭(m)  
B : 자동차의 폭(m)  
V : 설계속도(km/hr)

**예제)** 북부지방산림관리청 관내에 신설되는 임도의 노폭을 산출하고자 객쟁안 임도의 조건을 조사한 바 설계속도 30km/hr, 자동차폭 2.5m이었다. 차도폭은 얼마인가?

**풀이)** 차도폭(W) =  $2.5 + (30 / 50) + 0.5 = 3.6 \text{ m}$

최소

### ◆ 차도 폭

- ❖ 1차선일 경우
  - 길가와 자동차의 간격에 의한 경우

$$W = B + 2(b - b')$$

여기서, W : 차도폭(m)  
B : 자동차의 폭(m)  
b' : 자동차 바퀴와 가장자리의 간격(m) (=0.3m 적용)  
b : 자동차 바퀴에서 길가까지의 간격(m)  
(=K1·V이며, K1은 0.01411 적용)

**예제)** 자동차의 폭이 2.5m, 자동차 바퀴와 길가장자리의 간격이 0.3m, 설계속도를 30m/hr로 알 때 최소한의 차도폭은 얼마인가?

**풀이)** ① 자동차 바퀴에서 길가까지의 간격(b) =  $0.01411 \times 30 \text{ km/hr} = 0.4233 \text{ m}$   
② 차도폭(W) =  $2.5 + 2 \times (0.4233 - 0.3) = 2.75 \text{ m}$

최소

### ◆ 차도 폭

- ❖ 2차선일 경우  $W = 2(B + b) + b_0 - 2b'$

여기서, W : 차도폭(m)  
B : 자동차의 폭(m)  
b : 자동차바퀴에서 길가까지의 간격(m)  
(=K1·V이며, K1은 0.01411 적용)  
b' : 자동차 바퀴와 가장자리의 간격(m) (=0.3m 적용)  
b0 : 두 차간 스치는 여유간격(m) (=K2·V 2이며, K2은 0.00016 적용)

**예제)** 산림경영 시범단지내 간선임도를 2차선으로 신설하고자 한다. 자동차폭이 2.5m, 자동차 바퀴와 가장자리의 간격이 0.3m, 설계속도를 40km/hr로 알 때 최소한의 차도폭은 얼마인가?

**풀이)** ① 자동차 바퀴에서 길가까지의 간격(b) =  $0.01411 \times 40 \text{ km/hr} = 0.5644 \text{ m}$   
② 두 차간 스치는 여유간격(b0) =  $0.00016 \times (40 \text{ km/hr})^2 = 0.256 \text{ m}$   
③ 차도폭(W) =  $2 \times (2.5 + 0.5644) + 0.256 - (2 \times 0.3) = 5.78 \text{ m}$

최소

## 3.2 임도의 선형

- ❖ 임도중심선이 입체적으로 그리는 형상
  - 평면선형(horizontal alignment)
  - 종단선형(vertical alignment)
- ❖ 선형은 차량의 안전한 주행 및 교통류의 원활한 통과를 위하여 대단히 중요한 역할
- ❖ 임도건설비에 큰 영향을 미침.

최소

### ◆ 임도의 선형 설계시 주의점

- ❖ 지형 및 주변환경과의 조화
  - 자연지형에 따르는 부드러운 선형 유지(경관 및 자연환경보호)
  - 임도의 시공 및 유지관리에 유리
  - 많은 곡선부의 설치는 운전자의 피로도 증가
- ❖ 선형의 연속성
  - 긴 직선구간이나 곡선반지름이 큰 곡선부와 작은 반지름의 곡선부를 직접 연결하는 것은 좋지 않다.
  - 적당한 반지름의 곡선부를 삽입하여 곡선반지름이 서서히 변화하도록 설계
- ❖ 선형의 시각적 감도
  - 일정거리 이상의 시거확보, 주행전방의 정보를 입수하여 시각 심리적으로 안전운행이 가능하도록 입체선형으로 설계
  - 전후 선형요소의 상관관계를 신중히 검토

최소

### ◆ 평면곡선의 종류

- ❖ 임도의 굴곡부에는 교통의 안전을 확보하고, 또 주행속도와 수송능력을 저하시키지 않도록 평면곡선(horizontal curve)을 설치
  - 임도시설규정 : 내각이 155° 이하인 장소에 평면곡선 설치
- ❖ 일정한 반지름을 갖는 1개의 원호를 전후의 직선부에 내접하여 연결한 단곡선이 많이 사용됨
  - 현지조건에 따라서 2개 이상의 단곡선을 반대방향으로 연결한 배향곡선, 반지름이 다른 2개 이상의 단곡선을 같은 방향으로 연결한 복심곡선, 또는 머리핀 모양의 반향곡선을 사용하기도 함.

최소

### ◆ 곡선반지름(radius of curve)

- ❖ 노선의 굴곡정도는 곡선부 중심선의 곡선반지름으로 표시
- ❖ 차량의 안전한 주행을 위하여 가급적 크게 설계
- ❖ 차량의 곡선부 주행시 차량이 주행궤도를 이탈하지 않으려면 마찰력이 원심력보다 커야함.
  - 노면이 수평일 때 원심력은 차량의 속도가 클수록, 곡선반지름이 작을수록 커지면, 마찰력은 타이어와 노면의 마찰계수가 클수록 커진다.
  - 일반적으로 임도에서는 마찰계수 0.15를 적용 (설계속도 40km/hr 이하)
- ❖ 최소곡선반지름(minimum radius of curve)의 계산
  - 원심력과 타이어 마찰계수에 의한 계산
  - 임도나비와 반출되는 목재의 길이에 의한 계산  
⇒ 자동차도에 대해서는 적당하지 않음.

최소

- ❖ 원심력과 타이어 마찰계수에 의한 최소곡선 반지름 계산
  - 곡선부를 주행하는 자동차에 가해지는 원심력은 횡방향력이 타이어와 노면의 마찰력에 대한 한계를 넘지 않아야 한다.

$$R = \frac{V^2}{127(i + f)}$$

여기서, R : 곡선반지름(m)  
V : 설계속도(km/hr)  
i : 곡선부 외측물매(片勾配: %/100)  
f : 가로미끄러짐에 대한 노면과 타이어의 마찰계수

| 구 분 | 마찰계수    | 구 분      | 마찰계수    |
|-----|---------|----------|---------|
| 자갈도 | 0.4~0.5 | 콘크리트 포장도 | 0.4~0.6 |
| 빙설면 | 0.2~0.3 | 아스팔트 포장도 | 0.4~0.8 |

최소

예제) 설계속도 40km/hr, 외쪽물매 6%의 구조로 임도를  
시공하고자 한다면 곡선반지름은 몇 m로 하여야 하는가?

풀이) 곡선반지름(R) =  $40^2 / \{127 \times (0.06 + 0.15)\} = 60.0\text{m}$

[설계속도와 곡선반지름(m)]

| 설계속도 (km/hr) | 외쪽물매 (%) |    |    |    |
|--------------|----------|----|----|----|
|              | 5        | 6  | 7  | 8  |
| 40           | 63       | 60 | 57 | 55 |
| 30           | 35       | 34 | 32 | 31 |
| 20           | 16       | 15 | 14 | 14 |

※ 가로미끄러짐 마찰계수 0.15 적용

### ◆ 곡선길이

- ❖ 곡선부의 길이가 짧으면 핸들을 돌리자 마자 다시 바로 잡아야 하므로 운전이 힘들고, 차안에 있는 사람은 충격을 받게 된다.
- ❖ 운전자가 핸들조작에 불편을 느끼지 않도록 최소한도 이상의 길이를 유지하는 것이 좋다
- ❖ 도로설계에서는 설계속도가 20~120km/hr일 때 최소곡선길이는 30~140m 이상이 되도록 정하고 있으나, 임도시설 규정에서는 이에 대하여 정하지 않고 있다.

### ◆ 완화구간(transition section)

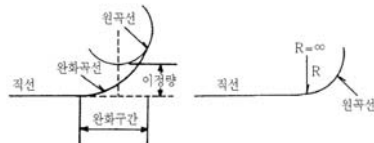
- ❖ 임도가 직선부에서 곡선부, 또는 반지름이 큰 곡선에서 작은 곡선으로 변화하는 부분에서 차량이 속도를 줄이지 않고 원활히 주행하도록 완화구간을 설치한다.
  - 완화구간에는 완화곡선을 사용하여 곡선반지름이 서서히 변화하도록 설계
  - 직선부와 곡선부 혹은 곡률이 다른 곡선부의 연결구간
  - 외쪽물매와 직선부의 횡단물매 또는 외쪽물매 상호간의 연결구간에 설치
  - 곡선부, 확폭구간과 직선부의 연결구간에 설치
  - 이정량이 20cm 이하일 경우에는 설치하지 않는다.

$$L = 0.036 \frac{V^3}{R}$$

여기서, L: 완화구간의 길이(m)  
R: 곡선반지름(m)  
V: 설계속도(km/hr)

[설계속도별 완화구간의 길이(m)]

| 설계속도(km/hr) | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|-------------|----|----|----|----|----|
| 완화구간의 길이(m) | 20 | 25 | 35 | 40 | 50 |

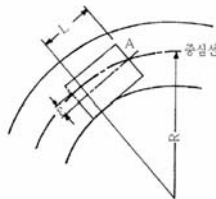


[완화구간의 형태]

### ◆ 곡선부의 확폭(widening of road)

- ❖ 곡선부에서 자동차의 뒷바퀴가 앞바퀴보다 안쪽으로 통과하게 되므로 곡선부에서는 직선부보다 임도의 나비를 넓혀야 한다.
  - 길 안쪽에 설치, 자동차 앞면에서 뒷차축까지의 길이가 길수록 곡선반지름이 작을수록 커진다.

- ❖ 트럭일 경우



$$\varepsilon = \left( \frac{L^2}{2R} \right) - 0.5$$

여기서, ε: 확폭량(m)  
R: 중심선의 곡선반지름(m)  
L: 차량 앞면에서 뒷차축까지 거리(m)  
(=8m 적용)

예제) 광릉시읍내 임도의 최소곡선반지름은 20m이다.  
굴곡부의 확폭량은 얼마를 기준으로 하여야 할까?

풀이) 확폭량(ε) =  $(8^2/2 \times 20) - 0.5 = 1.1\text{m}$

- ❖ 세미트레일러(semi-trailer) 연결차일 경우

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \frac{L_1^2}{2R} + \frac{L_2^2}{2R'}$$

여기서, ε: 전체확폭량(m)  
ε<sub>1</sub>: 견인차의 확폭량(m)  
ε<sub>2</sub>: 피견인차의 확폭량(m)  
R: 곡선반지름(m), R': R - ε<sub>1</sub>(m)  
L<sub>1</sub>: 세미트레일러 앞면에서 제 2차축까지 거리(m)  
L<sub>2</sub>: 세미트레일러 제 2차축에서 최후 차축까지 거리(m)

예제) 산림경영시험 단지내의 임도에 세미트레일러 연결차가  
원활하게 통행하도록 임도의 곡선부를 설계하고자 한다.  
L<sub>1</sub>은 6.7m, L<sub>2</sub>는 11.5m일 때 확폭량은 얼마인가?

풀이) ① 견인차의 확폭량(ε<sub>1</sub>) =  $6.7^2 / (2 \times 20) = 1.12\text{m}$   
② 피견인차의 확폭량(ε<sub>2</sub>) =  $11.5^2 / (2 \times 18.88) = 3.50\text{m}$   
③ 확폭량(ε) = ε<sub>1</sub> + ε<sub>2</sub> = 1.12 + 3.50 = 4.62m

### ◆ 교차부(intersection)

- ❖ 차량이 다른 교통류를 횡단하거나 차량의 방향을 바꾸는 장소
  - 교통이 막히지 않고, 사고가 발생하지 않도록 설계 필요
- ❖ 교차의 방법
  - 평면교차(grade intersection, junction)
  - 입체교차(grade separation)
- ❖ 임도설계규정에서는 임도가 철도나 포장도로 등과 평면교차시 교차각은 45° 이상으로 하고 교차로의 양측에서 각각 30m까지의 구간을 직선으로 하도록 정하고 있다.

### ◆ 안전시거(가시거리)

- ❖ 시거(sight distance) : 운전자가 주행시 앞을 내다볼 수 있는 차선중심선의 거리
- ❖ 안전시거 : 모든 임도상에서 자동차의 안전한 주행에 필요한 최소한의 거리
- ❖ 시거의 종류
  - 정지시거(stopping sight distance, non-passing distance)
    - ⇒ 같은 차선의 중심선상에 있는 물체를 보고 차량을 멈추는데 필요한 중심선의 거리
  - 추월시거(passing sight distance)
    - ⇒ 같은 차선의 중심선상을 달리는 자동차를 추월하여 다시 차선의 중심선으로 돌아오는데 필요한 중심거리

최소

- ❖ 제동정지 가시거리(stopping S.D.)의 산출

- 대상물이 고정되어 있을 경우

$$S = 0.694V + \frac{0.00394V^2}{f}$$

여기서, S : 가시거리(m)

V : 주행속도(km/hr)

f : 타이어와 노면의 가로미끄러짐 마찰계수

| 노면상태 | 설계속도(km/hr) |      |      |
|------|-------------|------|------|
|      | 30          | 35   | 50   |
| 건조   | 0.65        | 0.64 | 0.61 |
| 습윤   | 0.44        | 0.40 | 0.35 |

\* 0.694 : 운전수의 반응시간(t)이 0.25초일 때 t / 3.6에 의하여 산출한 값  
0.00394 : 중력가속도(g) 9.8m/sec<sup>2</sup>일 때 1 / (2g×3.6<sup>2</sup>)에 의하여 산출한 값

최소

- ❖ 제동정지 가시거리(stopping S.D.)

| 노면상태 | 설계속도(km/hr) | V (km/hr) | f    | 0.694·V | 0.00394·V <sup>2</sup> /f | S(m) |
|------|-------------|-----------|------|---------|---------------------------|------|
| 건조   | 30          | 30        | 0.65 | 21      | 5                         | 26   |
|      | 35          | 35        | 0.64 | 24      | 8                         | 32   |
|      | 50          | 50        | 0.61 | 35      | 16                        | 51   |
| 습윤   | 30          | 28        | 0.44 | 19      | 7                         | 26   |
|      | 35          | 33        | 0.40 | 23      | 11                        | 34   |
|      | 50          | 46        | 0.35 | 32      | 24                        | 56   |

최소

- ❖ 제동정지 가시거리(stopping S.D.)의 산출
  - 양쪽에서 마주오는 자동차가 동시에 정지할 경우

$$S = 1.388V + \frac{0.00788V^2}{f}$$

여기서, S : 가시거리(m)

V : 주행속도(km/hr)

f : 타이어와 노면의 가로미끄러짐 마찰계수

최소

**예제) 설계속도 40km/hr일 때 마찰계수(f)=0.40이라면 제동정지 가시거리는 얼마인가?**

풀이) ① 양방향에서 주행할 경우 :

$$S = 1.388 \times 40 + 0.00788 \times 40^2 / 0.40 = 87.40m$$

② 대상물이 고정되어 있는 경우 :

$$S = 0.694 \times 40 + 0.00394 \times 40^2 / 0.40 = 43.52m$$

최소

- ❖ 곡선부 가시거리의 산출

- 그림과 같이 곡선부의 안쪽에 절토부가 있을 때에는 시야가 가려지므로 과 같이 총따기를 하여 시야를 넓혀야 할 필요가 있다.

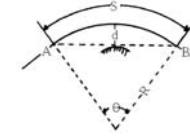
$$S = Q \cdot R = 0.001754 \cdot \theta \cdot R$$

$$d = R \cdot \{1 - \cos(\theta/2)\} = R \cdot \{1 - \cos(28.7 \cdot S/R)\}$$

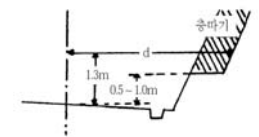
여기서, S : 가시거리(m)

θ : 호도법에 의한 중심각

R : 곡선반지름(m) d : 중심선에서 안쪽으로 총따기를 하여야 할 거리(m)



[시준장해의 안전가시거리]



[안전가시거리 확보를 위한 총따기]

최소

**예제) 산림경영시험 단지내의 임도시설시 안전거리를 산출하려고 한다. 곡선의 내각이 45°, 반지름이 40m일 때 가시거리(S)와 안쪽 총따기 거리(d)를 구하여라.**

$$\text{풀이) ① 가시거리}(S) = 0.01754 \times 45^\circ \times 40 = 31.57m$$

$$\text{② 안쪽총따기거리}(d) = 40 \times \{1 - \cos(45^\circ / 2)\} = 3.0m$$

최소

### ◆ 물매(기울기)

- ❖ 물매의 표현방법은 다음과 같다.

- 각도 : 수평을 0°, 수직을 90°로 하여 그 사이를 90등분한 것
- 1 : n 또는 1 / n : 높이 1에 대하여 수평거리 n으로 나눈 것
- n % : 수평거리 100에 대한 n의 고저차를 갖는 백분율
- n % (per mill) : 수평거리 1000에 대한 n의 고저차를 갖는 천분율
- 비탈물매 : 수직높이 1에 대한 수평거리의 비(比)로서 하할법 또는 할분법이라 함
- 15/100 = 15% = 150‰ = tan 8. 31' 50.8" = 1/6.67 = 6할 7푼

최소

### ◆ 외쪽물매(superelevation)

- ❖ 곡선부를 통과하는 차량의 원심력을 작게 하기 위하여 곡선중심쪽의 노면이 낮아지도록 물매(기울기)를 주는데, 이를 외쪽기울기 또는 외쪽물매라 한다.
- ❖ 도로설계에서는 외쪽물매를 지역의 조건에 따라 6~8% 이하로 하되, 배수를 고려하여 1.5~2.0% 이상이 되도록 정하고 있다.
- ❖ 임도시설규정에서는 이에 대하여 정하지 않고 있다.

$$i = \frac{V^2}{127R} - f$$

여기서, i : 곡선부의 외쪽물매(%/100) V : 설계속도(km/hr)

R : 곡선반지름(m)

f : 가로 미끄러짐에 대한 노면과 타이어의 마찰계수

최소

예제) 설계속도 40km/hr, 곡선반지름 50m의 구조로 임도를  
시공하려고 할 때 곡선부 외쪽물매는 몇 %로 적용하여야  
알까? (단, f=0.15 적용)

풀이)  $i = 402 / (127 \times 50) - 0.15 \approx 0.102 \approx 10.2\%$   
※ 10.2% > 8%가 되므로 현지실정에 따라서 8% 이하가 될 수 있도록  
곡선반지름을 더크게 하거나 설계속도를 낮추어야 한다.

[설계속도별 곡선반지름별 한계 외쪽물매(%)]

| 설계속도(km/hr) | 곡 선 반 지 림(m) |     |    |    |     |     |    |
|-------------|--------------|-----|----|----|-----|-----|----|
|             | 12           | 15  | 20 | 30 | 35  | 40  | 45 |
| 20          | 8            | 3~5 |    |    |     |     |    |
| 30          |              |     | 8  | 8  | 5~6 | 3~5 |    |
| 40          |              |     |    |    |     | 8   | 8  |

최소

#### ◆ 횡단물매의 산출

- ❖ 횡단물매(Cross Grade, Cross-Fall)의 결정은 노면배수와 교통안전의 두 가지 측면으로 고려할 수 있다. 노면배수의 측면에서 볼 때는 노면이 평활하면 배수상태가 불량하고 반대로 노정(路頂)을 높게 하거나 외쪽물매를 크게 하면 주행안전성에 영향을 미친다.
- ❖ 횡단물매는 포장의 재료, 노체의 종류 및 시공방법에 따라 다르지만 교통으로 인한 마모가 적은 재료를 사용한 노면은 내구력이 크므로 노정고(路頂高)가 낮아도 된다.
- ❖ 횡단물매는 노정고와 차도폭의 1/2로서 산출하거나, 외쪽물매인 경우는 양 노단높이(路端高)의 차와 노폭으로 산출하며 백분율 또는 분수로 표시한다.
- ❖ 횡단물매의 형상은 직선, 원호, 2차 포물선, 쌍곡선 등이 있으나, 아스팔트 포장도는 쌍곡선, 자갈도는 포물선, 콘크리트 포장도는 직선이 주로 사용되고 있다.

최소

#### ◆ 암성물매의 산출

- ❖ 합성물매(composite gradient)종단물매와 외쪽물매 또는 횡단물매를 제공하여 합한 값의 제공근.
- ❖ 자동차가 곡선부 구간을 주행할 경우에는 보통 노면보다 더 급한 합성물매가 발생되기 때문에 자동차의 안전운행에 위험부담을 주거나, 실은 점이 편중되어 곡선저항에 의한 차량의 저항이 커져서 주행에 좋지 않은 영향을 미치므로 이를 어느 한계까지 제한할 필요가 있다.
- ❖ 합성물매는 12%이하로 하는 것이 좋으며 부득이한 경우에도 13~15% 이하로 하는 것이 좋다.

최소

$$S = \sqrt{i^2 + j^2}$$

여기서, S : 합성물매(%), i : 외쪽 또는 횡단물매(%)  
j : 종단물매(%)

[한계 합성물매와 외쪽물매에 의한 종단물매(%)]

| 한계합성물매(%) | 외쪽물매 또는 종단물매(%) |      |      |      |      |      |
|-----------|-----------------|------|------|------|------|------|
|           | 8               | 6    | 5    | 4    | 3    | 2    |
| 12        | 8.9             | 10.4 | 10.9 | 11.3 | 11.6 | 11.8 |
| 13        | 10.2            | 11.5 | 12.0 | 12.4 | 12.6 | 12.8 |
| 15        | 12.6            | 13.7 | 14.1 | 14.5 | 14.7 | 14.9 |

최소

예제) 산악지 임도에서 종단물매 9%의 구간에 곡선부의  
외쪽물매를 7%로 설치하고자 할때 암성물매를 산출하여야.

풀이)  $S = 72 + 92 \approx 11.4\%$

최소

#### ◆ 종단물매의 산출

- ❖ 종단물매 : 길 중심선의 수평면에 대한 기울기
  - 수평거리에 대한 수직거리의 백분율(%)로 표시
  - 종단물매가 너무 급하면 차량의 주행이 어렵거나 제동이 곤란
  - 임도우회율은 감소
  - 강우시에 종방향의 유수에 의한 노면 침식 발생
  - 종단물매가 너무 완만하면 노면에서 정체수 및 침투수가 발생하여 노체의 악화 및 붕괴 발생
  - 임도우회율은 증가
- ❖ 노면재해를 방지하기 위한 물매를 최소물매라고 하며 3% 이상으로 설치하는 것이 좋다.
- ❖ 토사도에서 노면배수, 노면의 안정성 등 자연재해예방을 위해 4~8% 정도로 설치하는 것이 바람직, 부득이해도 10%를 초과하지 않도록 설계 및 시공

최소

- ❖ 종단물매
  - 곡선부 적정종단물매의 산출

- ❖ 외쪽물매 6%미만일 경우 :  $G - (80 / R) > S$

- ❖ 외쪽물매 6%이상일 경우 :  $G - (120 / R) > S$ 
  - 여기서, G : 설계기준에 의한 최대 종단물매(%)
  - R : 곡선반지름(m)
  - S : 완화구간을 포함한 곡선길이의 종단물매(%)

최소

예제) 광릉시영림 임도에서 종단물매가 6%인 곡선부의 곡선반지름이  
50m 이다. 외쪽물매를 6%라 할 때 물매조정의 필요여부를  
검토하라(단, 표준물매는 9%).

풀이) 외쪽물매 6%이상일 경우의 식에 의하면  $9 - (120/50) = 6.6 > 6\%$   
이므로 이 구간의 물매는 수정할 필요가 없다.

최소

- ❖ 종단물매
  - 합성물매에서 곡선부 종단물매의 산출

$$j = \sqrt{S^2 - i^2}$$

여기서, j : 종단물매(%), S : 합성물매(%), i : 외쪽물매 또는 횡단물매(%)

예제) 광릉시영림 임도는 암성물매를 12%이하로 설정한다. 이때  
외쪽물매를 자동차의 통행안전상 6%로 적용한다면 종단물매는  
몇 %인가?

풀이)  $j = 122 - 62 \approx 10.4 \approx 10\%$

최소

### ◆ 물매곡율비의 산출

- ❖ 곡선부의 내각이 예각일 경우 급한 곡선이 설정되기 때문에 곡선부를 통과하는 자동차의 안정성에 영향을 크게 미치며, 이를 보완하기 위해 곡선반지름을 크게 하면 할수록 임도의 구조는 양호해지지만 급경사지에서는 성·절토량이 증가 → 공사비의 증가
- ❖ 일반적으로 외거(External Distance)는 교점(Intersection Point)에서 교점(Middle of Curve)까지의 거리로써, 그것의 크기는 내각의 크기에 반비례.
- ❖ 곡선반지름 10m 기준으로 외거의 크기는 내각이 55°이면 11.657m, 105°는 2.605m, 135°는 0.824 m, 155°는 0.234m로서 내각이 클수록 교점과 중곡점은 가까워지므로 곡선반지름을 크게 적용할 수 있다.
- ❖ 따라서 산악지 지형조건에서는 내각이 예각에 가까울 경우에는 외거가 커지므로 곡선반지름을 크게 설치할 수 없기 때문에 구조를 보완하여 자동차 통행의 안정성이 보장될 수 있도록 물매곡율비를 적용한다.
- ❖ 예를 들면 물매곡율비(곡선반지름/중단물매)를 3.0이상으로 유지 시키도록 설치·시공하려면 곡선반지름이 10m일 때 중단물매는 3% 내외로 조정할 수 밖에 없고, 내각이 105° 이상으로 클 경우에는 곡선 반지름을 20m로 하여도 6%내외, 155° 이상일 경우에는 직선부와 거의 같도록 설치하여야 된다.

최소

$$K = \frac{R}{I}$$

여기서, R : 곡선반지름(m)  
I : 중단물매(%)  
K : 물매곡율비

| 구 분    | 물매곡율비  | 구 분    | 물매곡율비  |
|--------|--------|--------|--------|
| 평탄지 도로 | 7.5 이상 | 산악지 도로 | 4.0 이상 |
| 구릉지 도로 | 6.0 이상 | 임 도    | 3.0 이상 |

최소

### ◆ 물매곡율비의 산출

- ❖ 중단곡선은 일반적으로 포물선을 사용
- ❖ 임도의 배수를 원활히 하도록 설계 및 설치
- ❖ 자동차의 안전한 주행을 위하여 안전시거의 확보
- ❖ 임도시설규정에서는 설계속도에 따라
  - 곡선반지름은 100~450m로
  - 중단곡선길이는 20~40m 이상
  - 포장도로 이외의 구간으로 중단기울기·물매의 대수차가 5% 이하일 때에는 적용하지 않음.

최소