

농업생산기반정비사업계획설계기준  
농도편

농림부

# 목 차

<b>제 1 장 일반사항</b> .....	1
1.1 기준의 목적과 적용 .....	1
1.2 농도의 종류 .....	1
1.3 농도의 구성 .....	2
1.4 계획의 기본 .....	3
1.5 설계 및 시공의 기본 .....	4
<b>제 2 장 조사</b> .....	6
2.1 조사계획 .....	6
2.2 조사항목 .....	9
2.2.1 기상 및 수문조사 .....	9
2.2.2 지형조사 .....	10
2.2.3 지질·토질조사 .....	11
2.2.4 토지이용조사 .....	12
2.2.5 사회, 경제조사 .....	12
2.2.6 농업조사 .....	13
2.2.7 관련사업조사 .....	14
2.2.8 도로조사 .....	15
2.2.9 교통량조사 .....	15
2.2.10 노선조사 .....	16
2.2.11 환경조사 .....	16
2.2.12 유지관리조사 .....	16
<b>제 3 장 계획</b> .....	47
3.1 기본구상 .....	47
3.2 목표설정 .....	47

3.3 계획수립시의 유의사항 .....	49
3.4 계획수립순서 .....	50
3.5 지구선정 .....	52
3.6 노선배치계획 .....	52
3.6.1 기본구상 .....	52
3.6.2 기간농도 .....	53
3.6.3 경지내 농도 .....	54
3.7 계획교통량 .....	55
3.8 설계속도 .....	63
3.9 선형 .....	64
3.9.1 평면선형 .....	67
3.9.2 종단선형 .....	77
3.9.3 교차 .....	80
3.10 횡단면 .....	85
3.10.1 폭 .....	88
3.10.2 건축한계 .....	99
3.10.3 횡단기울기 .....	99
3.10.4 노면높이 .....	99
3.11 배수 .....	96
3.11.1 배수의 종류 .....	99
3.11.2 표면배수 .....	99
3.11.3 지하배수 .....	107
3.11.4 비탈면배수 .....	111
3.11.5 구조물의 배수 .....	112
3.11.6 동상 .....	112
3.12 토공계획 .....	113
3.13 환경계획 .....	114
<b>제 4 장 설계 .....</b>	<b>115</b>
4.1 일반사항 .....	115

4.2 토공 .....	116
4.2.1 일반사항 .....	116
4.2.2 토공(노체) .....	119
4.2.3 기초지반 .....	123
4.2.4 노체 .....	132
4.2.5 흙쌓기(성토) .....	138
4.2.6 땅깎기 .....	147
4.2.7 비탈면의 안정검토 및 대책 .....	153
4.2.8 비탈면보호공 .....	157
4.2.9 산사태 대책 .....	169
4.2.10 낙석대책 .....	173
4.2.11 구조물 뒤채움 .....	177
4.3 노상 .....	179
4.3.1 일반사항 .....	179
4.3.2 노상 재료의 품질 .....	180
4.3.3 노상의 다짐 .....	182
4.3.4 땅깎기부 노상 .....	184
4.3.5 노상의 안정처리 .....	186
4.4 포장 .....	189
4.4.1 일반사항 .....	189
4.4.2 재료 .....	194
4.4.3 아스팔트포장 .....	222
4.4.4 콘크리트포장 .....	264
4.4.5 토사계포장 .....	289
4.5 배수공 .....	293
4.5.1 일반사항 .....	293
4.5.2 표면배수공 .....	293
4.5.3 지하배수공 .....	297
4.5.4 동상방지 대책 .....	300
4.6 주요구조물 .....	316

4.6.1 일반사항	316
4.6.2 교량	316
4.6.3 터널	322
4.7 부대구조물	328
4.7.1 일반사항	328
4.7.2 대피소	328
4.7.3 환경시설대	329
4.7.4 방호시설	330
4.7.5 암거	342
4.7.6 농촌가로공원	345
4.7.7 생태이동통로 및 서식처 보호시설	345
4.8 교통안전시설	355
4.8.1 일반사항	355
4.8.2 방호울타리	355
4.8.3 조명시설	360
4.8.4 도로반사경	365
4.8.5 시선유도표지	368
4.8.6 보도, 자전거도 및 자전거보행자도	370
4.8.7 입체횡단시설	372
4.9 교통운영시설	374
4.9.1 일반사항	374
4.9.2 도로표지 및 교통안전표지	374
4.9.3 노면표지	378
4.9.4 교통신호기	378
<b>제 5 장 시공</b>	<b>380</b>
5.1 시공계획	380
5.2 시공	385
5.3 시공관리	406
5.3.1 공정관리	406

5.3.2 품질관리 .....	408
5.3.3 실형고 관리 .....	408
5.3.4 안전관리 .....	409
<b>제 6 장 유지관리 .....</b>	<b>410</b>
6.1 관리의 기본 .....	410
6.2 관리의 방법 .....	411
<b>제 7 장 효과 및 평가 .....</b>	<b>420</b>
<b>부록 .....</b>	<b>429</b>
I. 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 .....	429
II. AASHTO 설계법 소개 .....	440

# 제 1 장 일반사항

## 1. 1 기준의 목적과 적용

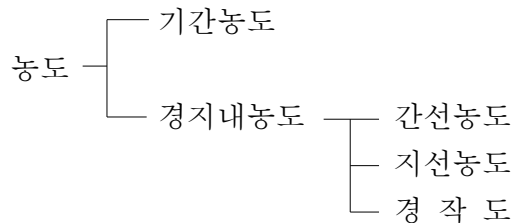
이 기준은 농업생산기반정비사업, 농어촌생활환경정비사업 및 경제의 활성화에 기여하는 사업으로 시행하는 농도의 계획, 설계, 시공 및 유지관리에서 준수하여야 할 일반적인 사항을 규정한 것이다.

이 기준은 농어촌정비법 ( 2007.8.3, 법률 제 8588 호 )에 의거 시행하는 농도의 계획, 설계, 시공 및 유지관리에서 준수하여야 할 일반적인 사항으로서 도로법 제23조 및 농어촌 도로정비법 제4조에 규정되지 아니한 도로에 적용한다. 경지정리사업이나 개간, 간척사업 등에서 다루고 있는 농도에 대해서는 이 기준과 함께 별도로 제정되어 있는 농지개량사업계획설계기준 「경지정리편」, 「개간편」, 「간척편」, 「환경편」에 따르도록 한다.

## 1. 2 농도의 종류

농도의 종류는 도로의 주된 기능 및 배치에 따라 분류된다.

농도란 농어촌지역주민의 교통편익과 농수산물의 생산유통을 원활히 하는 동시에 농어촌지역의 생활환경개선과 경제의 활성화를 위하여 이용하는 도로를 말한다. 농도의 종류는 주된 기능 및 배치에 따라, 기간농도, 경지내농도(간선농도, 지선농도, 경작도)로 분류한다.



### 1.2.1 기간농도

농수산업생산활동, 농수산물유통 등의 농수산업용으로 주로 이용되며 농어촌의 사회생활활동에도 이용되는 도로로서 농어촌지역의 기간이 되는 도로

### 1.2.2. 경지내농도

영농자재의 반입, 농산물의 반출 및 경지에서 경작을 하기위한 농기계 통행 등 농업생산활동에 주로 이용되는 도로로서 다음과 같이 구분된다.

## 가. 간선농도

부락과 경지구역, 경지구역상호간, 일반도로나 기간농도와 경지구역, 경지구역과 생산, 가공, 유통시설 등을 서로 연결시키는 주요농도

## 나. 지선농도

기간농도에서 분기하여 포구, 경구에 연결되는 농도로서 농작업을 위한 왕래, 비료, 농약 등 영농자재의 반입, 수확물을 경지로부터 반출하는데 이용되는 농도

## 다. 경작도

수확 및 방제작업 등에 이용하기 위하여 경구의 경계부 또는 경지내에 설치하는 농도

# 1. 3 농도의 구성

농도는 노체, 노상, 포장, 배수공, 주요구조물, 부대구조물, 교통안전시설, 교통운영시설 등으로 구성된다.

### 1.3.1. 노체

성토에 의하여 축조된 것으로 노상의 아래 부분을 노체라 한다.

### 1.3.2. 노상

포장의 하층면으로부터 심도 약 1m의 흙 부분을 노상이라 하고, 성토부에서는 성토상부의 표면으로부터, 절토부에서는 굴착면으로부터 약 1m 아래 부분이 이에 해당된다.

다만, 연약지반을 개량하기 위하여 노상의 전부 또는 일부를 양질의 재료로 치환하거나 석회나 시멘트 등으로 안정처리된 부분, 또는 연약한 노상토가 보조기층에 침입하는 것을 방지할 목적으로 설치하는 차단층 등은 노상에 포함된다.

### 1.3.3. 포장

포장재료에 따라 아스팔트포장, 콘크리트포장, 토사계포장으로 분류된다. 아스팔트포장은 보조기층, 기층, 중간층, 표층으로 구성되고 콘크리트포장은 일반적으로 보조기층(상부보조기층, 하부보조기층), 콘크리트슬래브로 구성되며 토사계포장은 자연흙을 이용하거나 노상위에 자갈, 쇄석, 모래 등을 깔고, 그 표면을 노면으로 사용하는 포장이다.



#### 1.3.4. 배수공

노면 및 인접부의 배수, 기층 및 보조기층, 노상의 배수 등을 목적으로 하는 시설로서 표면배수공, 지하배수공, 동토방지대책 등이 있다.

#### 1.3.5. 주요구조물

교량, 터널 등의 구조물을 말한다.

#### 1.3.6. 부대시설

방호시설, 암거, 대피소, 환경시설대, 에코 브리지, 자전거 도로 등의 부대적인 구조물이다.

#### 1.3.7. 교통안전시설

차량, 보행자 등의 안전과 원활한 통행을 도모하기 위한 시설로서 방호울타리, 조명시설, 도로반사경, 시선유도표식, 보도, 자전거도, 입체횡단시설 등이 있다.

#### 1.3.8. 교통운영시설

경계, 규제, 안내, 지시 등을 나타내기 위한 도로표식, 노면표식(Marking) 및 교통신호기 등이 있다.

### 1. 4 계획의 기본

농도 또는 농도망의 계획수립에 있어서는 그 지역의 자연 및 사회경제조건, 농수산업현황, 교통상황 등을 파악하여 농업생산의 근대화, 농수산물유통의 합리화에 이바지할 수 있게 하는 동시에 농어촌사회환경개선에도 기여할 수 있게 종합적인 관점에서 구상하여야 한다.

농도는 그 직접적인 목적인 농업생산의 근대화 및 농수산물유통의 합리화, 농어 사회환경개선, 농촌 어메니티 증진 이외에도 농어촌지역을 포함한 주변지역의 여러 산업 및 토지이용과 밀접한 관계를 가지고 있다.

따라서 앞으로의 농어촌지역은 생산 및 생활환경등 농어촌의 정주조건을 정비함이 필수적이므로 종합적인 환경정비의 일환으로 농도를 정비함이 바람직하다.

넓은 지역을 대상으로 하는 농도의 계획수립에는 해당 지역의 개발구상 등 지역 계획에 상응한 정비목표를 설정해야 한다.

## 1. 5 설계 및 시공의 기본

농도의 설계는 이용형태, 지형, 지질, 기상, 시공 등을 고려하여 안정성, 내구성, 경제성 및 이용면에서 안전성이 확보되는 시설물로 설계하는 것을 기본으로 한다.

시공은 현장조건을 고려하여 시설내용을 만족시키고, 합리적이고 경제적이며 안전한 작업을 수행할 수 있는 시공계획을 바탕으로 함을 기본으로 한다. 설계 및 시공은 관계법령 등을 준수하여야 한다.

### 1.5.1. 설계의 기본

농도의 설계에 관한 기본적인 방침은 농도정비의 목적인 농업기계와 자동차가 안전하고 원활하게 주행할 수 있음은 물론 내구성과 안전성이 있는 합리적인 농도관리 기능을 갖도록 하는 것이다. 더욱이 농도의 본체와 기타 시설, 인접한 산지, 기초지반, 구조물 등은 공사 중이나 완성 후에도 필요한 안전성을 갖도록 설계하여야 한다.

또한, 농도의 경제적인 건설은 지형, 지질, 토질, 토공계획, 농도의 정비수준 등과 깊은 관계가 있으므로 다음 사항을 검토해야 한다.

- ① 농도가 넓은 지역을 통과하는 경우 대상지역의 지형, 지질, 토질이 다양하므로 획일적인 설계는 피하고 각각의 특성에 맞도록 세분하여 설계한다.
- ② 평지부 이외의 도로에서는 절성토가 균형이 되는 토공계획을 원칙으로 한다.
- ③ 토질, 지하수상황 등은 공사기간이나 계절적 영향을 받아 변화되므로 이러한 현상에 대응하는 각각의 조건을 고려해야 한다.
- ④ 농도의 정비수준은 교통하중의 크기와 양에 대해서 안전하고 원활한 주행을 확보하는 외에 화물의 손상, 모래나 흙, 먼지 또는 자갈의 비산 등 영농저해의 원인 제거 및 완성후의 방법 등에 있어서 사회·영농면에 관한 중요도 등도 고려하여 검토한다.
- ⑤ 기 조사된 내용으로서는 확신있는 설계·시공계획이 수립되지 않을 뿐만 아니라 공사계획의 양부가 공사의 성패에 큰 영향을 끼치는 경우에는 시공현장에서 시험 시공을 한 후에 설계한다.

### 1.5.2. 시공의 기본

시공은 설계의 기본방침에 따라 설계내용을 만족시키고, 경제적이고 안전하며 필요한 공사기간내에 건설하는 것을 기본으로 한다. 이를 위해 계획설계의도와 현장조건을 충분히 조정된 시공계획을 수립함과 동시에 공사의 진척사항을 파악하여 당초의 설계조건과 상이한 현장 조건인 경우에는 실제의 현장조건에 부합되게 설계를 재검토하면서 시공하여야 한다.

### 1.5.3. 관계법령의 준수

농도의 계획설계 및 시공은 공사, 환경조건에 대한 규제 등 관계법령이 많으므로 이들 법령에서 정한 사항은 준수하여야 한다.

## 제 2 장 조 사

### 2.1 조사계획

#### 2.1.1 조사

조사는 건설예정 농도의 노선선정, 계획, 설계, 시공 및 관리에 필요한 기초자료를 구하기 위하여 농도건설 추진과정의 조사단계별로 필요한 사항에 대하여 적절한 조사계획을 수립하여 실시한다.

#### 가. 일반사항

조사는 농도건설에 필요한 입지조건을 파악하고 농도의 노선, 선형, 종횡단면, 토공량, 하천 및 구거의 횡단장소, 횡단구조물 등 농도시설의 계획, 설계, 시공법의 결정 및 장래의 관리에 필요한 기초자료를 얻기 위하여 실시하는 것이다.

조사는 계획조사, 기본조사, 실시설계의 3단계로 구분하고 농도건설의 목적, 규모, 중요도 등에 따라 각 단계별로 필요한 사항에 대하여 조사의 범위(조사량), 내용, 정밀도 등을 파악하여 조사계획을 수립하여 실시하고 조사한 자료는 항목별로 정리하여 각 단계별로 계획, 설계 및 보고서 작성에 활용하고 규정된 기간 보관한다.

#### 나. 조사의 단계

##### 1) 계획조사

계획조사는 기상, 수문, 지형, 지질, 입지조건 등에 대하여 기존의 자료 등을 수집 검토함과 동시에 현지답사 등 기타 필요한 조사를 병행하여 농도의 기본계획을 세우기 위한 것이다. 따라서 여러 종류의 후보노선의 선정과 그 비교검토에 의해 노선을 2~3개안으로 설정한다.

##### 2) 기본조사

기본조사는 기본설계 등을 하기 위한 조사로서 계획조사에서 선정된 노선의 결정, 기본적인 설계·시공 및 개산(概算)공사비 등의 검토에 필요한 자료를 수집하기 위하여 측량, 현지조사, 토질시험 등을 한다.

보통 이 단계에서 농도의 기본적인 계획이 수립된다. 또 다음 단계에서 필요한 사항에 대하여 행해지는 실시조사나 보완조사에 의하여 계획변경이나 보완이 요구되는 경우도 있으나, 적어도 기본적인 사항에 대하여는 변경을 하지 않도록 충분한 조사를 해야 한다.

사업의 흐름 (조사) (조사목적) (조사내용)

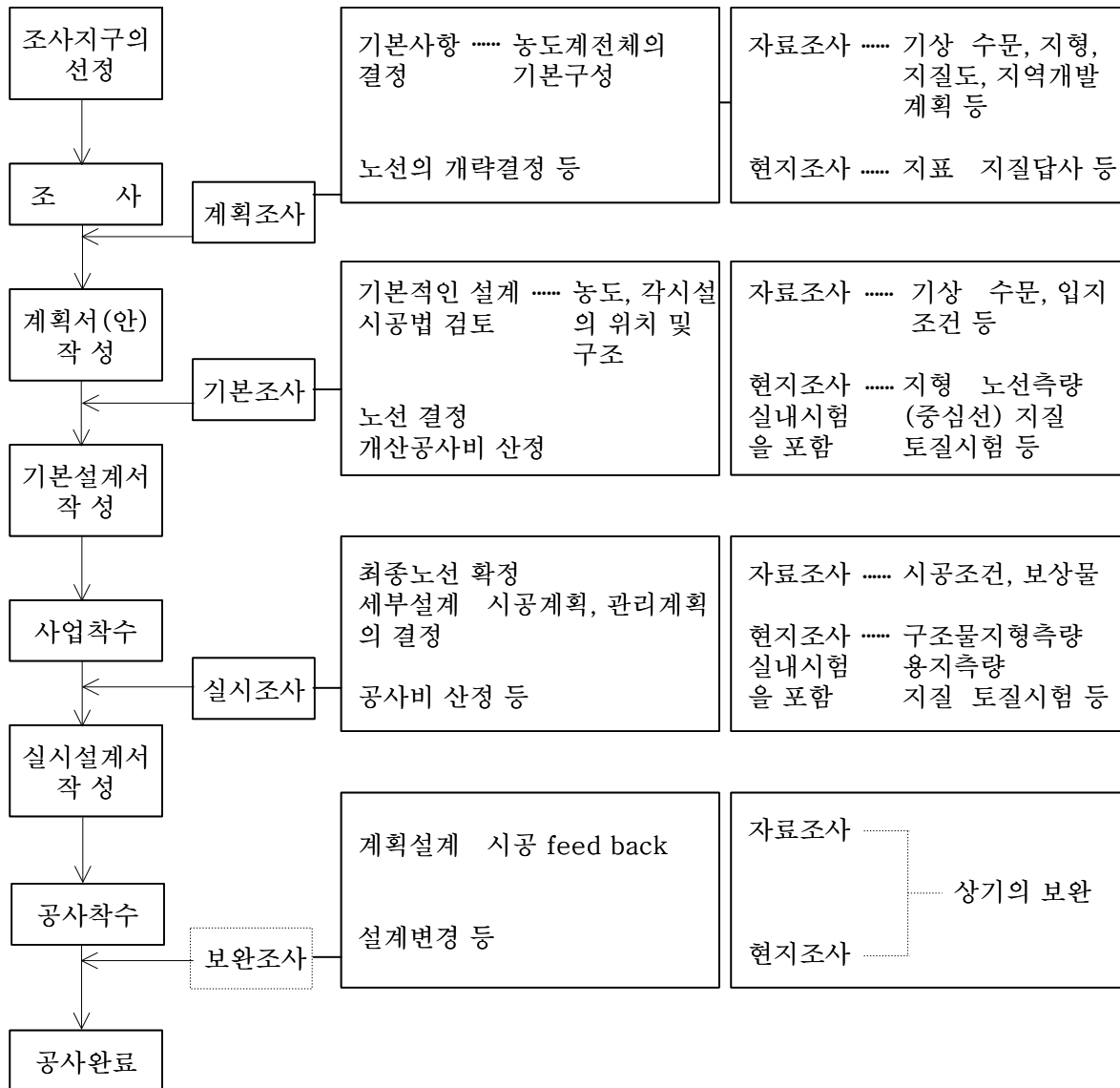


그림 2.1 조사의 순서

### 3) 실시설계조사

실시설계조사는 농도건설공사의 실시설계를 하기 위한 조사로서 기본적인 설계에 기초한 세부설계, 공사비의 산출 및 시공계획의 검토에 필요한 자료를 수집하는 것이다.

이 조사는 기본조사결과에 기초하여 질, 양 및 정확도를 높이기 위한 것이다.

즉, 기본조사에 기초하여 검토된 기본적인 설계는 직접 건설공사를 하기에는 충분히 정밀하지 않기 때문에 본 조사는 설계를 가능하고, 확실한 것으로 하기 위하여 시행한다. 이 조사는 계획조사 및 기본조사의 결과를 검토하여 부족한 조사를 하고,

관념적으로 「점」의 자료를 「선」에 연결시키고 「면」적인 자료로 확대하기 위한 조사로 위치를 확고히 하는 것이다.

#### 4) 보완조사

보완조사는 시공과정에서 더욱 필요성이 발생한 사항에 대하여 소요의 자료를 얻는 것이다.

조사는 실시설계단계까지 상세한 조사를 하여 그 결과가 설계 및 시공계획에 반영되는 것이 이상적이다. 당초 가정된 지반과 크게 다른 현장조건 및 예측하지 못한 사태가 발생한 경우 등 자연적 또는, 사회적 조건에 의하여 농도의 위치나 구조를 기존의 조사자료로 재검토할 수 없는 경우에는 보완조사를 한다.

### 2.1.2 조사계획

계획조사, 기본조사, 실시설계조사의 각 단계별로 조사목적에 따라 필요한 사항에 대하여 조사범위, 조사내용, 정밀도 등을 결정하고 이에 대한 체계적이고 효율적인 조사를 위하여 조사방법, 조사인력, 조사장비, 조사일정, 조사비 등에 대하여 합리적인 조사계획을 수립하여 실시한다.

#### 가. 계획조사(예정지 조사)계획

계획조사는 농도의 필요성과 건설가능성을 판단하고 기본골격에 대한 건설계획을 수립하기 위하여 기상, 수문, 지형, 지질 및 지역개발계획 등의 기초자료를 수집하고 현지답사 등의 방법으로 지형, 지표, 지질 등을 조사 확인하고 주민의견청취 등의 방법으로 도로건설상의 제약 여건 등을 조사하여 사업추진 가능성과 기술적, 사회경제적 타당성을 판단할 수 있도록 조사계획을 수립하고 수립된 조사계획에 따라 조사업무를 실시한다. 조사는 지형도검토(국토기본도), 도상계획수립(노선결정 등), 현지답사, 관련기관방문, 자료수집 및 협의, 주민의견청취 등의 순으로 진행한다.

#### 나. 기본조사계획

기본조사는 계획조사에서 개략 선정한 계획노선에 대하여 노선측량 및 보다 정밀한 조사에 의하여 계획노선을 결정하고 도로의 각 시설위치, 구조 등 농도 골격에 대한 기본설계를 하기 위하여 실시하는 조사로서 조사 목적에 부합한 정밀한 조사를 실시하여야 한다.

조사계획은 토목, 지질, 토질, 환경 및 사회경제 등 필요한 모든 분야의 전문가, 기술자들이 모두 참가한 하나의 팀(Team)을 편성하여 기본설계에 필요한 모든 사항을 일제히 조사토록 계획함이 가장 바람직하다. 그러나 각 전문분야별 조사업무수행

에 선후가 있고 각 분야의 조사업무특성으로 조사방법, 조사기자재 등이 서로 다를뿐더러 각 분야별 전문인력수급과 운영에 어려움이 따를 수 있으므로 하나의 조사계획으로 모든 전문분야를 동원하여 일제히 조사토록 하는 계획은 현실적으로 실행하기 어려운 방법이 될 수 있다. 이러한 경우에는 통상 전문분야별로 필요한 내용을 조사하여 그 결과를 기본설계에 활용되도록 하는 전문분야별 조사계획과 농도기본설계에 필요한 사항을 관련 전문분야별로 조사계획을 수립하여 조사토록하고 각 분야별 조사결과를 취합정리하여 반영하도록 함으로써 합리적인 기본설계를 하도록 하는 종합조사계획으로 이원화하여 조사계획을 수립·조사하는 방법을 사용한다.

#### 다. 실시설계조사

이 조사는 농도건설공사 시행에 필요한 실시설계를 하기 위하여 실시하는 조사로서 농도 기본설계에 기초한 세부설계, 시공계획수립, 공사비 적산 등에 필요한 정밀한 자료를 조사하고 필요한 모든 전문분야의 조사가 정밀하게 수행되도록 조사계획을 수립하여 조사토록 한다.

## 2.2 조사항목

### 2.2.1 기상 및 수문조사

계획대상구역을 대표하는 측후소의 기상·수문자료를 조사한다. 지구(地區)가 광범위한 경우에는 몇 개의 수문 블록으로 나누어 조사한다.

관측자료는 원칙적으로는 최근 10개년 이상의 것에 의하고 농도의 계획, 설계 및 시공에 직접, 간접으로 필요한 기상 및 수문조건을 조사한다.

기상조사는 표 2.1의 항목에 대하여 그 지역의 기상특성을 고려하여 필요한 것을 사용목적에 따라 각각 조사한다.

수문조사는 계획노선과 교차하는 하천 및 샛강, 인공수로 등에 대하여 표 2.2의 항목에 대하여 조사한다. 최대유량, 최대수위 및 제방높이는 개수(改修)계획이 있는 하천에서는 계획고수유량, 계획고수위(고조구간에서는 계획고조위) 및 계획제방높이를, 그렇지 않은 하천에서는 기왕최대홍수위 및 제방 높이를 조사한다.

표 2.1 기상조사의 주요항목

항 목	내 용
월별 평균기온 최고 및 최저기온 지온 및 동결깊이	개괄적인 지역과악, 포장공종의 개략적인 방법설정 포장공종 결정에 참고 상동, 한랭지 농도의 계획자료
월별 평균강수량 최대 일우량 최대 시간우량 최대 연속강수량	개괄적인 지역과악, 포장공종의 개략적인 방법설정 배수시설계획, 농도구조 결정에 참고 상 동 상 동
월별 평균강수일수 적설깊이 및 적설기간 풍향, 풍속 안 개	시공계획, 농도구조결정에 참고 제설, 방설에 참고, 농도구조결정에 참고 농도구조결정에 참고 상 동

표 2.2 수문조사의 주요항목

항목	내용
최대유량 최고수위 제방높이	배수시설계획, 교량계획 상 동 상 동

### 2.2.2 지형조사

도상(圖上) 및 현지조사로부터 개략 선정한 계획노선의 경제성, 안정성, 시공성 및 기능성 등을 검토하기 위하여 지형측량 및 현지조사 등을 한다.

개략 선정한 계획노선에 대하여 지형측량 및 현지조사 등을 하여 토공량, 하천횡 단장소, 교량 및 터널의 길이, 도로 및 철도의 교차장소, 선형 및 기울기 등을 개략적으로 파악하고 농도시공에 필요한 공사비를 산출하여 경제성, 안정성 및 기능성을 종합적으로 검토한다.

계획, 설계 등의 각 단계에 따라서 작성한 지형도, 종횡단면도의 종류 및 그 범위는 일반적으로 표 2.3과 같다.



표 2.3 농도에 있어서 지형조사 등의 표준

조사단계	계획조사	기본조사	실시조사
측량방법	항공사진측량 (또는 지상측량)	지상지형측량 (중·횡단은 지형도에 의하여 전개)	지상지형측량 (중·횡단측량 등)
범 위	관계지역전체	편측 25 ~ 100m	
측점간격			20.0m(지형 변화지점 은+ 말뚝)
등고선간격	1.0 ~ 2.0m	1.0m	
특기사항	국토기본도, 삼림기본 도가 있으면 이것을 이용할 수 있다.	이 조사는 개략노선을 결정하여 농도의 설 계·시공·용지 확보 등의 자료를 얻기 위 한 것으로써 정밀도가 충분해야 한다.	교량 등 구조물에 대 해서는 별도로 1/200 ~ 1/500축적의 지형측 량이 필요하다.

### 2.2.3 지질·토질조사

지질·토질조사는 계획노선에 대한 자료를 수집하고, 조사 및 각종 조사시험을 하여 지질구조, 토질 및 지하수 등을 파악한다.

#### 가. 조사항목과 조사방법

지질 및 토질은 농도의 노선위치, 공중, 구조물 형식, 시공법 등 설계, 시공의 기본을 확정하는 중요한 요소이므로 조사는 신중하고 충분하게 해야 한다.

지질 및 토질조사는 ① 계획조사 ② 기본조사 ③ 실시조사 및 ④ 보완조사의 각 조사단계에 따라서 노선결정, 공중결정 등의 목적에 적합한 조사항목을 정리하고 조사방법 및 시험방법 등에 대한 계획을 수립하여 합리적으로 실시한다. (표 2.4 참조)

표 2.4 각 조사단계별 조사항목

단계	계획조사		기본조사	실시조사	보완조사	
	기존자료조사	현장조사			시공중 조사	유지관리조사
주된 방법	1.노선선정 2.토질 · 지질개요와 문제점 파악		1.구조결정 2.선형의 세부 결정	1.설계자료 2.국부상세설계 자료 3.시공계획자료 4.시공관리자료	1.추가보완 자료 2.시공관리 자료 3.재해복구 자료	1.점검 2.기술자료 수집
구분	1.기존자료수집 2.기존자료독취 (讀取)	1.현지조사 2.보링 등	1.현지답사 2.보링 등 3.탄성파탐사	1.탄성파탐사 2.보링 등 3.물리탐사 4.특수조사시험	1.보링 등 2.물리탐사	1.현지조사 2.보링 등 3.추적조사
절토지반	1.지반활동이력의 유무확인 2.기설사면의 실태조사와 확인 3.토석류 · 낙석이력유무의 확인		1.개략적인 토질 · 지질과 그 구조파악 2.사면안정 등 문제점 도출	1.종횡단방향의 상세한 지층분포 및 토사 · 연경암의 판별, 문제지점의 설계를 위해 필요한 정수 · 정보 도출	1.붕괴사면의 규모 · 형태 · 성상 및 복구대책을 위한 정보 파악	1.사면붕괴, 낙석 예측을 위한 실태 파악
취토장	1.취토가능성과 개략적인 토질 상태 2.운반거리, 경로 등 개략적인 취토조건		1.개략적인 토질·토량의 파악 2.용수유무	1.지층분포와 토량 2.취토토사의 물리, 역학적 성질	1.매장량 및 취토량 계산 2.품질의 균질성	
성토지반	1.연약지반분포와 규모의파악 2.성토시공의 가능여부 판정		1.연약지반에 대한 개략적인 안정, 침하 검토 2.기초지반의 토층별 특성검토	1.연약지반에 대한 개략적인 안정, 침하 검토 2.기초지반의 균일한 검토 3.시험성토에 의한 지반변화 판단	1.연약지반상 성토시공중의 안정성 검토 및 시공법	1.침하추적조사(연약지반, 구조물 접속부 등)

1) 계획조사

가) 자료조사

자료조사는 기존자료를 수집하여 개괄적으로 대상지역을 파악하며 또한 기본조사 이후의 조사를 유효적절하게 진행하기 위하여 필요에 따라 다음과 같은 자료를 수집

한다.

- ① 지형 및 지질도
- ② 지반도
- ③ 토성도
- ④ 토질조사기록
- ⑤ 공사 및 관리기록
- ⑥ 우물, 지하수에 관한 기록
- ⑦ 재해에 관한 기록

#### 나) 현장조사

현장조사는 자료조사에 의하여 파악한 지역개요를 현장에서 확인하고 필요에 따라 시료채취 및 사운딩(Sounding)을 하며, 조사자료는 다음 단계의 조사방법을 선정하는데 아주 중요한 것이다.

조사시는 다음 사항에 특히 유의하여 조사를 한다.

- ① 지형, 지질의 개략적인 조사
- ② 지표면의 토질 및 지질
- ③ 불안한 지형 및 기왕의 재해지
- ④ 표층의 퇴적물 상태
- ⑤ 사면의 상황
- ⑥ 토질이용, 식물의 종류와 번성상황
- ⑦ 기존시설의 상황
- ⑧ 용출수위치 및 상태, 우물의 수위
- ⑨ 가연성 가스(Gas)
- ⑩ 대상지 주민의 의견

#### 2) 기본조사

이 단계에서 실시하는 조사는 자료조사, 현장조사에 의하여 얻은 토질 및 지질개황을 근거로 개략선정노선의 토질 및 지질을 총괄적으로 명확히 하기 위하여 실시하는 것이다. 조사방법은 농도의 목적, 공종, 토질, 규모 및 그 중요도에 따라 다음 사항을 고려하여 선정한다.

- ① 사운딩 (관입시험 등) 및 시료채취
- ② 오거보링에 의한 시료채취
- ③ 기계보링 및 시료채취
- ④ 물리탐사(탄성과탐사, 음파탐사, 전기탐사 및 물리검층 등)
- ⑤ 흙의 물리적 성질 및 역학적 성질시험

### 3) 실시조사

실시조사에 의하여 노선과 공중이 개략 결정되면 조사대상별로 정밀조사를 실시한다. 그 결과는 공중과 노선의 결정, 기초처리공법의 설계·시공 및 공사비계산에 사용한다.

조사내용은 목적에 따라 상이하하며, 농도의 종류, 규모, 지반조건 등에 따라 조사 항목, 조사범위, 조사방법 및 정밀도를 결정한다.

#### 나. 조사결과의 정리 및 이용

토질·지질조사 및 시험결과를 이용하여 토질주상도 또는 토질종횡단면도 등을 작성, 최종노선의 토질·지질상태를 확인 정리하여 상세한 설계를 위한 기초자료로 활용한다.

지질도 등은 계획노선부근의 토질개요를 파악하여 설계·시공상 주의해야 할 문제점을 예상할 수 있다. (표 2.5 ~ 2.8참조)

표 2.5 지질도이용시의 고려사항

고 려 사 항		이용할 수 있는 사항	지질도	지질도 설명서
지층의 암질	분포·구성·	암질명(암석의 종류와 경연, 시공상 문제가 되는 암석여부의 판정)	●	●
토층·절리의 경사	주향·	절토사면의 안정상황, 굴착의 난이(절리의 간격으로 판단)	●	●
구조	단층	절토사면의 안정상황, (단층의 위치와 규모, 파쇄대의 폭, 단층점토의 유무)	●	●
	습곡	절토사면의 안정상황(퇴적암중의 이암, 세일과 같은 것은 습곡시 균열이 생긴다.)		
변 질 정 도		절토사면의 안정상황(변질되어 점토화되어 있는 경우가 많다.), 성토재료의 품질	○	●
광 산		광산이 있는 개략위치	○	●
석 재		석재·쇄석 등 재료의 암질 및 산지	○	●

● : 잘 아는 것, ○: 아는 것

표 2.6 고려사항과 문제점의 예측

고려사항	설계·시공상 주의할 문제점의 예측				
	굴착의 난이	재료의 선정	절토사면의 안정	기초지반의 정판	지반활동지역의 정판
암질	○	부순돌 ● 취토장 ●	●	○	○
주향·경사·절리	○		●	○	
단층			●		○
풍화의 정도	○	취토장 ○	○	●	
변질의 정도			●		○

● : 예측하기 쉬운 것, ○ : 특정한 경우에 예측할 수 있다.

표 2.7 설계 및 시공상 문제가 되기 쉬운 암질

암의 일반적 사항	문제가 되는 이유	암석명
팽창성 암석	절토에 의한 응력해제 및 침수에 의한 팽창으로 강도가 저하되고 사면붕괴가 생긴다. 발생재는 토성이 나쁘다.	사문암, 이암, 세일, 응회질의 퇴적암, 풍화된 결정편암, 활석
풍화가 진행되기 쉽고 풍화 후 토성이 나쁜 암석	굴착시 신선할 때는 견고하나 풍화진행이 빨라 토사화되면 성질이 나쁘다.	변질안산암, 이암, 세일, 응회암, 점판암, 자색편암, 흑색편암
다공질인 암석	풍화되기 쉽고 골재로서는 흡수율이 많다.	응회암, 안산암의 일부
층리, 편리, 절리가 발달한 암석	층리, 편리, 절리가 매우 발달되었기 때문에 활동이 생겨 절토사면이 붕괴된다.	편암, 점판암, 세일

주) 터널공사에 관한 토질조사는 “농지개량사업표준설계(해설)수로터널편”의 조사에 준한다.

표 2.8 암의 분류표

명 칭	정 의
암괴, 호박돌	암괴, 호박돌은 입경 18cm 이상으로 하며, 둥근 호박돌로 한다.
I (풍 화 암)	제3기의 암석으로 고결정도가 약한 것. 풍화가 심하여 아주 부서지기 쉬운 것. 손가락으로 깎 수 있을 정도의 암으로 균열간격이 1~5cm 정도인 것. 제3기의 암석으로 고결정도가 양호한 것, 풍화가 상당히 진행되어 다소 변색되고 가벼운 타격으로 쉽게 깨지는 것. 깨기 쉬운 것으로 균열간격이 5~10cm 정도인 것.
II (연 암)	응회질로서 견고하게 고결되어 있고 풍화가 절리를 따라 상당히 진전되어 있는 것. 균열간격이 10~30cm 정도로서, 가벼운 타격으로 깎 수 있는 정도의 것. 이질의 견고한 호층을 이루므로 층면을 쉽게 깎 수 있는 것.
보 통 암	석회암, 다공질안산암과 같이 특히 치밀하지 않아도 상당한 경도를 가진 것. 풍화의 정도가 별로 진행되지 않은 것. 견고한 암석으로 간격 30~50cm 정도의 균열이 있는 것.
I (경 암)	화강암, 결정편암 등으로 전혀 변화되지 않은 것. 균열간격이 1m 이내로서 상당히 밀착되어 있는 것. 견고하고 양호한 석재를 얻을 수 있는 것
II (극 경 암)	혈암, 각암 등 석영질이 풍부한 암질, 가장 견고한 것. 풍화되지 않고 신선한 상태로 있는 것, 균열간격이 적고 잘 밀착되어 있는 것.

### 1) 흙의 분류

흙의 분류는 통일분류법(KS F 2324)을 원칙으로 사용한다. 이것은 역사가 오래고, 공학적 성질과의 관계도 비교적 명확하고 보편적으로 사용되는 분류법이다.

### 2) 토질주상도 및 종단도

보링조사 및 사운딩 등의 현장조사결과와 각종 실내시험결과를 정리하여 토질주상도와 토질종단도를 작성한다.

## 다. 토질시험

토질시험은 농도의 포장구조, 시공방법 등을 결정하고 공사의 경제성, 안정성, 시공성 등을 검토하기 위하여 실시한다. 토질에 관한 계획조사결과를 이용하여 목적에 따라 시험항목과 시험방법을 선정한다. 여기서 주요 토질시험항목과 그 결과를 나타

내면 표 2.9와 같다.

표 2.9 토질시험 일람표

종류	시험항목	시험결과로부터 구해지는 값	시험결과의 이용	시료의 상태	시험규격
실내 시험	토립자의 비중	토립자의 비중	흙의 기본적인 성질계산 및 판단 (간극비, 포화도 등) 흙의 기본적인 성질계산 및 판단 입도에 의한 흙의 판별분류	교란	KS F 2308
	함수량 입도 0.075mm 통과 중량 컨시스턴시	함수비 입경가적곡선 유효입경 균등계수 곡률계수 액성한계 소성한계 소성지수			0.075mm체 통과중량. 컨시스턴시에 의한 흙의 판별 분류
시험	다짐	함수비 -건조밀도곡선 최대건조밀도 최적함수비	노상·보조기층의 시공방법 결정 및 시공관리	교란	KS F 2312
	역학적 성질 시험	CBR 일축압축시험 삼축압축시험	포장두께의 결정 안정계산 안정계산	교란, 불교란 " "	KS F 2320 KS F 2314 KS F 2346
	압밀 시험	압밀계수	침하량과 침하시간계산	불교란	KS F 2316
	물성 리질 적 시험	현장에서 흙의 단위중량 지하수위조사	단위중량 지하수위, 수량	시공관리 배수, 동상대책	
원위 치 시험	보링	시료채취, 주 상도	기초지반의 검토		
	CBR	CBR	포장두께의 결정 콘크리트포장 두께의 결정, 포 장구조 검토 및 시공관리		KS F 2320 KS F 2310
	역성 학 질 적 시험	평판재하시험 힘량 콘관입시험 표준관입시험 스웨덴식관입 시험	지반지지력 계 수 및 침하량 힘량 콘지지력 N 치 (Nsw 치)	시공관리 및 포장구조의 검토 트래피커빌리티의 판정 및 기 초지반의 검토 기초지반의 검토 기초지반의 검토	KS F 2307

계획노선에 대한 토질시험은 토질이 거의 같아 동일포장을 해도 좋다고 판단되는 구간을 나누어 각 구간에서 대략 200m에 1개소정도의 비율로 실시한다.

성토재료의 취토장은 채취토량 및 토질을 고려하여 적절해 조사한다. 또한 시료 채취 및 원위치시험시는 우기, 한발기 및 동결기 등으로 함수비변화가 많은 시기는 피해야 한다.

### 1) 실내시험

#### 가) 물리적 성질시험

흙의 물리적 성질시험은 비교적 소량의 시료를 가지고 할 수 있는 시험으로서 시험결과 흙의 공학적 성질을 개략적으로 판별할 수 있으며, 시험방법은 한국공업규격 KS F에 규정된 방법에 의하여 실시한다.

자연함수비, 입도시험 및 컨시스턴시 시험결과는 흙의 공학적 성질, 시공난이의 추정 및 흙의 분류에 이용된다.

#### 나) 역학적 성질시험

노상·보조기층의 역학적 성질시험 중 가장 많이 실시하는 시험은 CBR시험인데 이 시험방법은 “3)”항의 CBR시험에 상세히 기술하였다. 전압을 할 경우 노상, 보조기층재료의 다짐 특성을 파악하기 위하여 다짐시험을 하는데 시험방법은 KS F 2312의 규정에 의한다.

표 2.10 다짐방법의 종류(KS F 2312)

다짐 방법의 호칭명	래머무게 (kgf)	몰드안지름 (mm)	다짐층수	1층당의 다짐횟수	허용최대입경 (mm)	낙하높이 (cm)
A	2.5	100	3	25	19	30
B	2.5	150	3	55	37.5	30
C	4.5	100	5	25	19	45
D	4.5	150	5	55	19	45
E	4.5	150	3	92	37.5	45



표 2.11 다짐시험방법의 선정

시험목적	토질조건	시험방법	비고
노체, 노상의 재료시험	입자가 파쇄되기 쉬운 흙 고함수비의 점성토 기타	A	
보조기층 및 기층재료시험		C, D	
CBR 시험		D	수정 CBR을 구하기 위한 예비시험
트래피커빌리티의 판정		B	콘지지를 구하기 위한 공시체제작

- 주) 1. 시험방법의 명칭은 KS F 2312에 의한다.  
 2. 시험방법 A ~ D의 선택은 최대입경에 따라서 한다.

일축압축시험과 삼축압축시험, 압밀시험결과는 기초지반의 안정, 압밀계산에 쓰이며, 안정계산시는 성토높이의 1.5배 정도의 심도, 침하량계산시는 원칙적으로 압밀침하가 미치는 범위의 심도가 필요하지만 일반적으로 15 ~ 30m까지이다.

흙의 트래피커빌리티의 판정은 콘지지를( $q_c$ )으로 하는데, 이것은 원추관입시험기를 흙 중에 관입시킬 때의 저항치(kgf)를 이용하여 다음 식으로 구하며, 시공장비의 작업에 필요한 콘지지는 일반적으로 표 2.12와 같다.

$$q_c = \frac{\text{평균저항치}(kgf)}{\text{콘저면적}cm^2} \quad (kgf/cm^2)$$

표 2.12 시공장비 주행에 필요한 콘지지력

시공장비의 종류	콘지지력 $q_c$ ( $kgf/cm^2$ )	시공장비의 접지압( $kgf/cm^2$ )
초 습 지 불 도 저	2.0이상	0.15 ~ 0.23
습 지 불 도 저	3.0이상	0.22 ~ 0.43
보통 불도저(15tf 급정도)	5.0이상	0.50 ~ 0.60
보통 불도저(21tf 급정도)	7.0이상	0.60 ~ 1.00
스 크 레 이 프 도 저	6.0이상	0.41 ~ 0.56
견인식 스크레이퍼 (소형)	7.0이상	1.30 ~ 1.40
자주식스스크레이퍼(소형)	10.0이상	4.00 ~ 4.50
덤 프 트 력	12.0이상	3.50 ~ 5.50

#### 다) 특수한 흙의 시험

화강암이 풍화된 화강토, 이암, 유기질토 등은 각각 특수한 성질을 가지고 있다. 이들의 물리적 성질시험은 한국공업규격에 규정된 시험법외에 관련학회 등에서 제안한 시험법으로 시험을 하면 좋다.

또한 역학적 성질시험도 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있도록 시험방법 및 시험결과에 주의해야 한다.

### 2) 원위치시험

#### 가) CBR 및 평판재하시험

CBR 및 평판재하시험은 각각 “다”항 CBR시험과 “라”항 평판재하시험에 상세히 기술하였다.

#### 나) 휨량시험

휨량시험은 하중을 조정하여 타이어를 통과시킬 때 노상면, 보조기층면 또는 노면의 침하량을 벤켈만빔(Benkelman beam)으로 직접 측정하는 일종의 지지력시험으로서 이로부터 지지력부족위치를 쉽게 발견할 수 있다.

이 시험은 종래의 평판재하시험보다 단시간에 많은 개소를 측정할 수 있는 장점이 있으나 하중차의 재하중조정에 약간 시간이 걸리는 단점이 있다.

#### 다) 사운드

사운드는 저항체를 지중에 매입·회전·인발 등의 힘을 가할 때 생기는 흙의 저항으로부터 토층의 분포와 강도를 상대적으로 판별하는 시험이다. 일반적으로 원추관입시험(콘지지력 측정)과 표준관입시험(N치 측정)이 이용되고 있다.

여기서 전자는 신속하고 간편하게 조작할 수 있는데, 점성토지반의 점착력추정, 연약층두께 및 트래피커빌리티 추정에 이용되며, 조사심도는 약 5m이다. 또한 연약층 심도가 깊은 경우는 더치콘(Dutch cone)이 사용되며, 연약층 두께 확인시는 스웨덴식 사운드도 이용되는데 이 양자(兩者)는 예비조사 및 각 시험보링지점간의 보충조사에 많이 사용된다.

표준관입시험은 보링공을 이용하는 지반조사시험이며, 지반이 매우 연약한 경우에는 원추관입시험을 하는 것이 좋다. 표준관입시험에 의한 N치와 토질의 경험적인 관계를 나타낸 것이 표 2.13이다.

표 2.13 N치와 모래의 상대밀도 및 점토의 컨시스턴시

	N 치	상 대 밀 도		N 치	컨 시 스텐 시
	모	0~4		매 우 느 슨 함	점 토
래	4~10	느 슨 함	2~4	연 약 함	
	10~30	중 간 함	4~8	중 간 함	
	30~50	춤 춤 함	8~15	견 고 함	
	50이상	매 우 춤 춤 함	15~30	매 우 견 고 함	
			30이상	고 결 함	

라) 보링 및 사운딩

보링 및 사운딩은 지반의 흙을 채취, 토질시험시료를 제공하고 또한 적당한 원위 치시험을 하여 지반의 역학적 특성지수를 구할 수 있다. 일반적으로 교란시료는 오거 보링, 불교란시료는 신월샘플러를 이용하여 채취하며, 여기서 오거보링은 연약점토에서 경점토까지 조사할 수 있으며 최대 10m정도이나 보통 5~6m까지 가능하고, 불교란시료는 보링공 내에 신월(Thin wall)샘플러를 압입하여 채취하는데 이 방법은 연약 점성토지반에서 불교란시료를 채취하는데 신뢰도가 높아 널리 이용되고 있다.

3) CBR(California Bearing Ratio) 시험

가) 일반사항

아스팔트포장의 노상토 및 포장에 이용하는 입상보조기층재료는 대형차량의 통행이 예상되지 않는 소규모의 농도포장에서 과거의 실적 등에 의하여 설계 CBR 및 수정 CBR을 정확히 추정할 수 있는 경우를 제외하고는 원칙적으로 CBR시험을 하여 설계CBR 및 수정CBR을 결정해야 한다.

또한 아스팔트포장 두께를 결정하는데 기초가 되는 노상토의 CBR은 설계CBR, 입상보조기층재료의 CBR은 수정CBR이라 하는데 이는 그 재료의 지지력 특성을 나타낸다.

CBR시험은 일종의 관입시험으로서 하단면이 평탄한 직경 5cm의 동제(銅製)원통형피스톤을 1분에 1mm의 속도로 공시체 또는 지반에 관입시킬 경우에 그 저항력을 측정하는 시험이며, 이 저항력과 표준저항력(표준하중)의 비를 백분율로 나타낸 값이 CBR이다. 이 시험방법은 한국산업규격 KS F 2320에 규정되어 있는데 일반적으로 CBR은 피스톤이 2.5mm 관입할 때의 값을 취하며, 이때의 표준하중은 1,370 kgf(표준하중강도 70kgf/cm<sup>2</sup>)이다. 단, 관입량 5.0mm에서 CBR이 2.5mm일 때 보다 클 때는 다시 공시체를 만들어 시험을 한다.

그러나 재차 같은 결과가 얻어질 때는 5.0mm시의 CBR을 취한다.

$$\text{즉, } CBR(\%) = \frac{\text{시험단위하중}(kgf)}{\text{표준단위하중}(kgf)} \times 100$$

$$\begin{aligned} CBR(\%) &= \frac{\text{관입량 } 2.5mm \text{ 일때의 하중}(kgf)}{1,370(kgf)} \times 100 \\ &= \frac{\text{관입량 } 2.5mm \text{ 일때의 하중강도}(kgf/cm^2)}{70(kgf/cm^2)} \times 100 \end{aligned}$$

#### 나) 설계CBR을 구하는 방법

CBR시험은 원칙적으로 1개소에 2회씩 하고 평균치를 그 지점의 CBR로 하며, 토질의 변화가 큰 구간에서는 조밀하게, 균일한 지반에서는 드물게 시험을 한다. 성토구간에 대해서는 취토장에서 성토구간연장이 대략 200m에 1개소의 비율로 시료를 채취하며, 그림 2.2는 설계CBR을 구하는 순서를 나타낸 것이다.

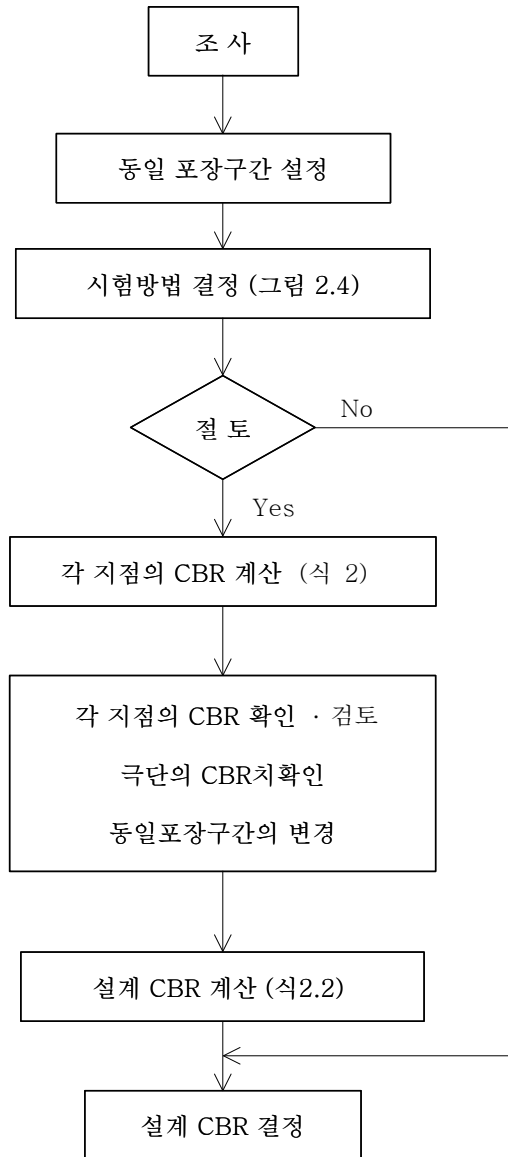


그림 2.2 설계 CBR을 구하는 순서

### (1) CBR시험방법

CBR시험에는 현상토시험, 변상토시험 및 현장시험의 3종류가 있다. 여기서 현상토시험은 불교란시료를 사용하는 실내시험이며 변상토시험은 교란시료를 사용하는 실내시험이고 현장시험은 원위치에서 CBR을 직접 측정하는 시험이다.

#### (가) 현상토(現狀土) 시험

현상토시험은 현장에서 시료를 채취하여 KS F 2320에 의하여 시험을 한다. 불교란시료 채취방법은 커터(Cutter)가 부착된 몰드를 주의깊게 압입하는 방법, 몰드를 삽입할 수 없을 경우에는 지반상에 커터를 올려놓고 흙의 조직이 이완되지 않게 그 주

위를 굴착하면서 몰드를 압입하는 방법 등이 있으며, 자갈이 있는 지반 및 깊은 곳에서 시료를 채취할 경우는 특히 주의해야 한다.

(나) 변상토(變狀土)시험

변상토시험은 현장에서 채취한 자연함수비 상태의 시료를 몰드에 5층으로 나누어 넣고 각층을 55회씩 다짐해서 4일간 수침후 CBR을 구하는 시험으로서 KS F 2320의 규정에 의하여 시험을 한다.

(다) 현장 CBR시험

현장 CBR시험은 KS F 2321의 규정에 의하여 시험을 하며, 그림 2.3과 같은 장치로 시험을 하면 전높이가 85~95cm로 되기 때문에 트럭 등의 높이에 알맞게 해서 설치해야 한다. 또한 CBR 10정도까지의 노상토는 용량 300kgf의 휴대용 현장CBR시험기를 사용할 수 있으며, 이것은 하중차(荷重車)가 필요치 않고 또한 도로가 없는 곳에서도 사용할 수 있어 편리하다.

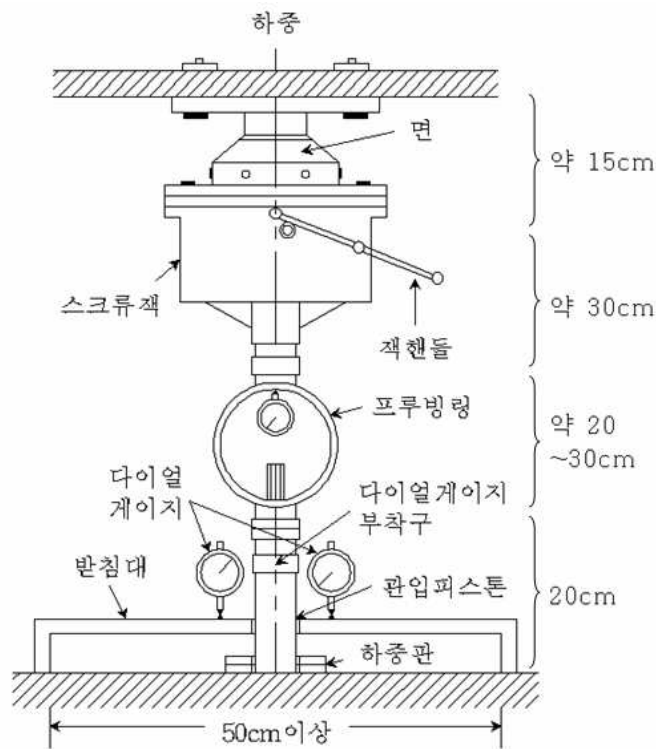


그림 2.3 현장 CBR 시험장치

현장 CBR로부터 추정하는 그 지점의 CBR은 현장 CBR을 측정한 부근에서 불교란 노상토를 CBR몰드로 2개 채취하여 1개는 자연상태 그대로, 다른 1개는 4일간 수침시켜 CBR시험을 하고 다음 식으로 CBR을 계산한다.

$$CBR = \text{현장CBR} \times \frac{\text{4일간 수침한 불교란시료의 CBR}}{\text{자연함수비의 불교란시료의 CBR}}$$

## (2) CBR시험의 적용

CBR설계법에 의한 농도포장두께는 노상설계CBR에 의거 결정되며, CBR시험은 신설농도로서 노상시공전에 포장설계를 할 경우, 기설 자갈도로를 포장할 경우 및 신설농도로서 노상시공후에 포장설계를 할 경우 등의 조건에 따라서 그림 2.4와 같이 실시한다.

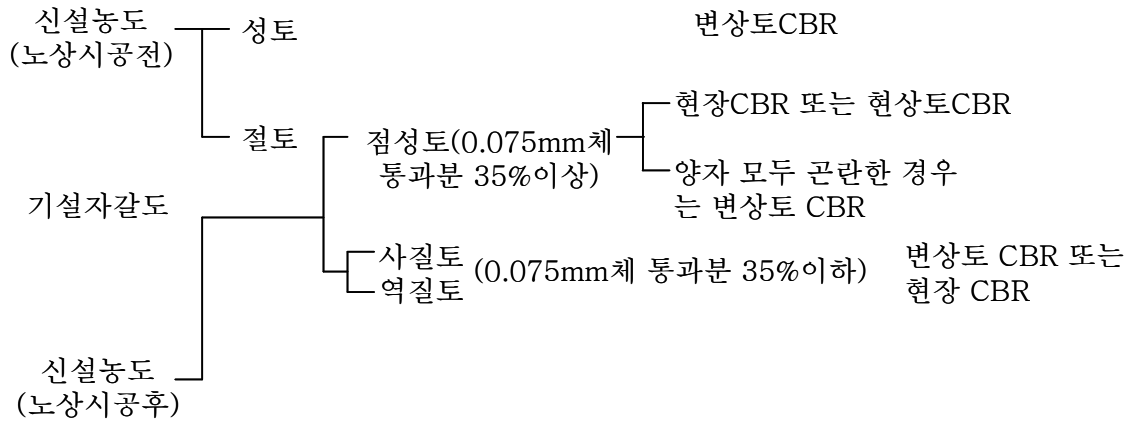


그림 2.4 CBR시험의 적용

### (가) 신설농도로서 노상 시공전에 포장설계를 할 경우

#### ① 성토부분

성토부분의 CBR은 그림 2.4에 나타낸 시험방법에 의하여 결정한다. 시료채취방법은 직접 취토장에서 시굴갱을 파고 채취하는 방법, 부근의 노두사면에서 토질이 같다고 판단되는 토층에서 채취하는 방법 및 오거로 채취하는 방법이 있다.

시료채취심도는 지표면에서 50cm이상으로 하며, 채취량은 1개소에 10~15kgf로 한다. 시료는 대표적인 시료를 채취하여 함수비가 변하지 않게 비닐주머니 등에 넣어서 시험실로 보낸다.

취토량의 토질이 불균일한 경우는 각층의 흙을 채취하여 혼합하며, 비율은 노상시공시 예상되는 비율로 한다. 이러한 경우는 노상토시공후에 현장CBR시험을 하여 노상지지력을 확인하는 것이 좋다.

#### ② 절토부분

절토부분의 CBR은 그림 2.4에 나타낸 시험방법에 의하여 결정한다.

시료채취 및 현장시험위치는 계획노상면 부근으로 하며, 계획노상면하 심도 1m이

내의 토층에 토질변화가 있는 경우는 토층마다 실시하고, 그 지점의 CBR은 식 2.1로 계산한다.

$$CBR = \left( \frac{h_1 CBR_1^{1/3} + h_2 CBR_2^{1/3} + \dots + h_n CBR_n^{1/3}}{\sum h_i} \right)^3 \dots\dots (2.1)$$

여기서,  $CBR_i$  : 각층의 CBR  
 $h_i$  : 각층의 두께(cm)  
 $\sum h_i$  : 100cm  
 $i$  : 1, 2, 3, …, n

CBR시험시 관입피스톤 바로 아래에 거친 자갈이 있으면 오차가 많으므로 위치를 옮겨서 시험을 해야 한다. 거친 자갈이 많은 흙은 변상토시험을 하며, 함수비가 많아서 다짐에 의하여 연약화되어 실제의 CBR과 현저하게 달라지는 흙에서 CBR을 결정할 경우는 노상 시공후 또는 노상면까지 굴착하고 다음의 (나)에 준하여 노상의 현장 CBR시험을 하고 노상지지력을 재확인하면 좋다.

(나) 기설자갈도로를 포장할 경우 및 신설농도로서 노상시공후에 포장설계를 할 경우

(가), ②에 준하여 실시하며, 시료채취 및 현장시험위치는 노상면하 약 10~20cm로 한다.

(다) 각 지점의 CBR결정

노상이 심도방향으로 성질이 다른 몇 개의 층으로 되어 있는 경우는 각 토층마다 CBR시험을 하고 다음 사항을 고려하여 노상면에서 심도 1m까지의 평균 CBR을 구해 그 지점의 CBR로 한다.

- ① 노상토의 CBR이 작을 경우에 설치하는 차단층은 무시하고 노상토의 CBR을 가지고 계산한다.
- ② 노상토의 치환, 성토 및 노상토의 안정처리를 할 경우는 그 시공두께에서 20cm를 뺀 두께를 유효노상개량층으로 한다. 또한 개량층하의 두께 20cm부분은 치환 또는 성토의 경우는 재래 노상토와 같은 CBR을, 안정처리의 경우는 안정처리를 한 층과 노상토의 평균치를 그 층의 CBR로 계산한다. 이때 노상개량층의 CBR 상한치는 20으로 한다.
- ③ 각 지점의 CBR계산은 식 2.1로 구한다.
- ④ 노상이 심도방향으로 성질이 다른 몇 개의 토층을 이루고 두께가 20cm미만의 층이 있는 경우는 이를 상하의 어느 층에 포함시켜 계산하여 평균 CBR을 구한다.
- ⑤ 평균 CBR의 계산은 보통 노상이 상부로 갈수록 높은 CBR을 나타내고 있는 경



우에 적합하다. 노상상부에 약한 층이 있는 경우는 포장구조가 그 영향을 직접 받으므로 평균 CBR을 사용하면 위험하다. 이러한 경우는 약한 층의 CBR을 사용하거나, 그 층을 안정처리 또는 양질의 재료로 치환하여 설계를 한다.

(라) 설계 CBR계산

예비조사에서 구분한 동일포장두께 구간의 노선에 대한 각 지점의 CBR값 중 현저히 다른 값을 제외하고 식 2.2에 의하여 설계 CBR을 구하며, 계산값은 표 4.42에 나타난 설계 CBR과 같이 단수를 절사해서 설계 CBR로 한다.

$$\text{설계 CBR} = \text{각 지점의 CBR평균치} - \frac{1}{d_2} (\text{CBR최대치} - \text{CBR최소치}) \dots\dots\dots$$

(2.2)

여기서  $d_2$  : 표 2.14에 나타난 계수를 사용한다.

표 2.14 설계 CBR 계산용 계수

개수(n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10이상
$d_2$	1.41	1.91	2.24	2.48	2.67	2.83	2.96	3.08	3.18

주)“설계 CBR = CBR평균치 - 표준편차의 추정치”로 한다.

통계학에서 표준편차의 추정치는 다음 식으로 구한다.

$$\sqrt{V} \cong R/d_2 = (\text{최대치} - \text{최소치})/d_2$$

여기서,  $\sqrt{V}$ : 표준편차의 추정치

$R$ : 측정치의 변동범위(최대치 - 최소치)

$d_2$ :  $R$ 계산시의 자료개수( $n$ ) 및 자료개수에 관련되는 정수(표 2.14 참조)

각 지점의 CBR측정치에 대한 현저히 다른 값의 검토는 먼저 그 원인이 단순한 시험착오인가, 현장함수비의 이상인가, 또는 국부적인 토질차이인가를 확인해야 한다. 여기서 시험착오인 경우는 다시 시료를 채취하여 시험을 하고 함수비가 이상한 경우는 현장의 배수대책이 필요하며, 토질차이인 경우는 그 범위를 확인하여 동일포장두께 구간을 재검토해야 한다.

다음에 동일포장두께 구간 각 지점의 CBR치에 현저히 다른 값이 연속해서 2개 이상 있는 경우는 동일포장두께 구간을 변경해야 한다. 현저히 다른 값이 1개인 경우 이의 제외 및 채용여부 검정은 다음 방법으로 한다.

다만, 이 방법은 CBR치의 개수가 10개 이하일 경우이다. 그 개수가 10개 이상인 경우의 검정방법도 있으나 약간 복잡하므로 설계시는 CBR치를 10개 이내 구간단위로 하여 계산을 한다.

먼저 다음 식으로  $\bar{y}$ 치를 계산한다.

·최대치의 제외검정일 경우

$$\bar{y} = \frac{\text{최대치} - \text{최대치보다 하나 아래의 치}}{\text{최대치} - \text{최소치}}$$

·최소치의 제외검정일 경우

$$\bar{y} = \frac{\text{최소치보다 하나 위의 치} - \text{최소치}}{\text{최대치} - \text{최소치}}$$

다음에  $\bar{y}$  값을 표 2. 15의  $\bar{y}(n, 0.05)$ 의 값과 비교하여  $\bar{y} > \bar{y}(n, 0.05)$ 이면 각각 최대치 또는 최소치를 제외하고  $\bar{y} > \bar{y}(n, 0.05)$ 이면 채용한다.

표 2.15  $\bar{y}(n, 0.05)$ 의 값

개수(n)	3	4	5	6	7	8	9	10
$\bar{y}(n, 0.05)$	0.941	0.765	0.642	0.560	0.507	0.468	0.437	0.412

CBR치에 현저히 다른 값이 없거나 그 값에 상당한 변동이 있으면 동일포장두께 구간을 결정하기 어려운 경우가 있다. 이때 경제성만을 고려하면 구간을 여러 개로 나누어 각각 포장두께를 다르게 하는 것이 좋으나 시공이 번잡하므로 지형, 토질 및 배수조건 등을 종합적으로 검토하여 적절하게 구간을 구분해야 한다.

#### 다) 수정 CBR을 구하는 방법

보조기층재료의 수정 CBR은 한국공업규격 KS F 2320의 규정에 의한 방법으로 구한다.

##### (1) 시험방법

- ① KS F 2320에 따라서 다짐횟수 5층 55회에 대한 시료의 최적함수비를 구한다.
- ② 시료 약 20 kgf를 최적함수비와의 차가 1% 이내로 되도록 물을 가하여 잘 혼합한 후 밀폐상자에 넣어서 함수비변화를 방지한다. 물이 잘 스며들지 않아 시간이 걸리는 시료는 그대로 12시간이상 방치한 후에 사용한다.
- ③ 시료를 몰드에 넣고 각 층 55, 25, 10회의 다짐에 의한 공시체를 3개 만든다. 단, 다짐에 앞서 시료의 함수비를 측정하여 최적함수비와의 차가 1%이상이면 시료의 함수비를 조절해야 한다.
- ④ 다짐한 각 공시체의 건조밀도를 구하고 KS F 2320에 따라서 4일간 수침한 후 CBR을 측정한다.

⑤ 각각 3개의 평균치로부터 구한 CBR-건조밀도곡선과 ①에서 구한 함수비-건조밀도곡선을 각각 종축에 건조밀도, 횡축에 함수비 및 CBR을 취하여 그림 2.5와 같이 그려 수정 CBR을 구한다. 즉, 소요 다짐율의 건조밀도에 대한 수평선을 그어 CBR-건조밀도곡선의 교점을 구하고, 이 교점에서 수직선을 아래쪽으로 그어 횡축과 만나는 교점을 구하면 이 점의 값이 보조기층재료의 수정 CBR이 된다.

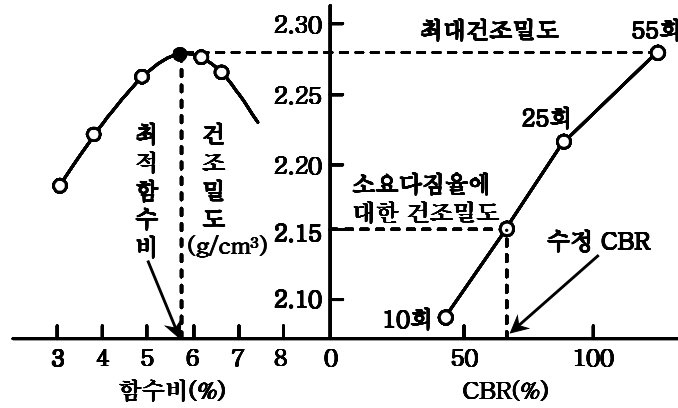


그림 2.5 건조밀도, 함수비, CBR관계도

(2) 보고

① 최적함수비(%), ② 최대건조밀도( $g/cm^3$ ), ③ 다짐률(%), ④ 수정 CBR(%)

#### 4) 평판재하시험

##### 가) 일반사항

콘트리트 포장설계는 소규모포장 및 미리 시험하기 곤란한 경우 외에는 평판재하시험을 하여 설계지지력계수를 결정해야 한다. 시험개소수는 대략 노선연장 200m에 1개소의 비율로 하며 토질의 변화가 많은 구간에서는 치밀하게, 균일한 구간에서는 드물게 해도 좋다.

또한 평판재하시험을 하지 않는 경우는 CBR시험을 하고 그 결과를 근거로 포장설계를 한다.

##### 나) 설계지지력계수를 구하는 방법

##### (1) 지지력계수

지지력계수는 평판재하시험법(KS F 2310)에 따라서 직경 30~75cm의 강성원형 평판을 지반에 올려놓고 재하하여 하중과 침하량을 측정하고, 침하량  $\delta$ (cm)에 대한 하중강도  $q$ ( $ksf/cm^2$ )를 그 침하량  $\delta$ (cm)으로 나눈 값(K)을 말하며, 일반적으로 재하판 직경을 첨자로 부기한다. 예를 들면 재하판의 직경이 30cm이면  $K_{30}$ 으로 표시한다.

$$K = \frac{q}{\delta} \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

콘크리트포장에서는  $\delta$ 를 0.125cm로 한다. 여기서 지지력계수는 일종의 지반지지력을 나타내는 것이나 지반의 지내력 및 한계지지력과는 다른 것이다.

## (2) 설계지지력계수

노상면의 지지력계수는 노상토의 성질이 동일하다고 인정되는 절토, 성토의 각 구간에 대해서는 각각 3개소이상 실측해서 식 2. 3으로 구한다.

$$\text{노상의 설계지지력계수}(K) = \text{구간내 지지력계수의 평균치} - \frac{1}{d_2} (\text{구간내 지지력계수의 최대치} - \text{구간내 지지력계수의 최소치})$$

(2.3)

식 (2.3)중의  $d_2$  및 측정치의 제외검토 등은 「(2)의 (라)항 설계 CBR계산」의 경우와 같다.

## 5) 토질안정처리를 위한 시험

### 가) 목적과 적용

토질안정처리공법에는 석회 및 시멘트 등의 토질안정재를 흙과 교반혼합하여 개량하는 공법과 지반의 흙 중에 약액 등의 토질안정재를 침투주입하는 2가지가 있다. 농도토공에서의 토질개량은 ① 성토재료가 점성토와 같은 재료를 사용할 경우 토질특성을 개량할 필요성이 있을 때, ② 연약지반심층의 연약토를 개량하여 지지력 및 전단력을 증가시켜야 할 때, ③ 얇은 연약층에서 표층연약토의 토질을 개량하고자 할 때, ④ 노상재의 지지력을 증가시킬 필요성이 있을 때 등에 적용된다.

토질안정재는 석회계와 시멘트계가 사용되고 있는데 전술한 ①의 성토재료개량은 석회를 혼합하면 좋으며, 성토재료의 함수비저하와 동시에 강도를 증가시키는 효과가 있다. ②, ③에 대해서는 생석회를 사용해도 좋으나 일반적으로 고결도가 높은 시멘트계의 토질안정재가 많이 사용된다. ④의 노상재에 대한 토질안정재는 함수비저하 및 소성지수저하를 주목적으로 할 경우는 생석회가 이용되며, 더욱 큰 강도증가가 필요한 경우는 시멘트계가 사용된다.

시공방법은 두께 1m이내의 천층지반을 토질안정재와 기계적으로 교반혼합하는 방법과 심층지반을 토질안정재로 교반혼합 또는 침투주입하는 공법 등이 있다.

### 나) 시험방법

안정처리토의 시험은 한국산업규격 KS F 2328 등의 규정에 의한 시험방법과 관련학회 등에서 제정한 규정에 따라 시험을 한다. 특히 일본토질공학회에서 제정한 안

정처리토의 시험방법을 참고로 하면 좋다.

다) 시험시의 토질안정재첨가량 및 시료중량

(1) 토질안정재 첨가량

시료토에 대한 토질안정재 첨가량의 비율표시는 원칙적으로 건조중량비로 표시하며, 필요에 따라서 체적비 등 다른 표시를 병기한다. 첨가량은 일반적으로 다음과 같은 범위로 시험되고 있다.

① 성토재 (고함수비점성토)의 개량

표 2. 16을 참조하여 개량한다.

② 연약지반토의 개량

5~20%의 시멘트슬러리, 시멘트모르터, 생석회 등

③ 노상재의 개량

2~10%의 시멘트, 석회 등

표 2.16 흙의 종류와 석회첨가량

흙의 종류	석회의 종류	시험 배합비(%)	비 고
점토 또는 점토가 많은 흙	소 석 회	5 ~ 15	몬모리나이트계 점토는 효과가 크다. 고함수비 점성토는 생석회가 유효하다
	생 석 회	3 ~ 15	
실트질토	소 석 회	5 ~ 10	점토가 적당량 포함되면 유효하다

주) 시험배합비는 5mm이하인 흙의 건조중량에 대한 백분율이다.

(2) 시료중량

① 다짐에 의한 안정처리토의 시험방법

흙의 다짐시험을 한 후에 CBR시험 또는 일축압축시험 등을 하므로 각 시험의 표준시료중량을 기준으로 하며, 첨가량의 단계에 따라 시료중량을 증가한다.

② 약액침투주입에 의한 안정처리토의 시험방법 및 다짐을 하지 않는 안정처리토의 시험방법

약액침투주입시험은 일축압축시험을 한다. 따라서 시료중량은 첨가량 각 단계마다 일축압축시험용 공시체의 2배정도를 기준으로 한다.

③ 노상재 안정처리토의 시험

첨가량 각 단계마다 15cm몰드 공시체를 시료중량의 기준으로 한다.

## 2.2.4 토지이용조사

계획대상구역을 포함한 주변지역의 토지이용상황 및 금후의 동향, 개발예정지, 토지이용규제구역 등을 조사한다.

### 가. 토지이용상황 및 동향

- (1) 기존통계자료에 의해 조사하되 농지에 대해서는 최근 5~10년간의 지목별 전용(轉用)실적을 조사하여 농지전용동향을 알기위한 자료로 한다.
- (2) 토지등기부상의 면적을 기초로 하여 토지이용현황을 지목별(논, 밭, 과수원, 초지, 산림)로 구분하고 각각의 지적을 조사하여 지구를 확정하기 위한 자료로 한다.

### 나. 개발예정지 및 토지이용규제구역

이는 노선 및 농도구조 등의 계획 검토자료로 하기 위한 것으로 국토의 계획 및 이용에 관한 법률(도시, 농업, 산림, 공업지역 등), 산림자원 조성 및 관리에 관한 법률(보안림지정구역), 자연공원법(국립, 도립공원), 문화재 보호법(매장문화재, 지정문화재 보호구역), 자연환경보전법(자연환경보전구역), 광업법(광업권) 등에 의한 개발예정지 및 규제구역을 조사한다.

또 필요에 따라 지목별 표준지가를 조사하여 사업실시시의 용지보상 검토자료로 한다.

### 다. 다른 계획과의 관련

국토종합개발계획을 비롯한 각종 지방개발계획과의 관련성을 조사한다.

## 2.2.5 사회, 경제조사

계획대상구역의 사회, 경제상황 및 금후의 동향을 예측하기 위하여 사회, 경제조건을 조사한다.

아래에 열거하는 것은 일반적으로 필요한 조사항목이므로 구역의 크기 및 특징, 그리고 이에 수반한 농도의 종류, 성격에 따라 선택하여 조사한다.

- (1) 인구 : 최근 5~10년간의 관계구역 읍면리의 인구 및 세대수의 변동추이, 인구동태 등을 파악한다.
- (2) 산업 : 최근 5~10년간의 관계지역 읍면리의 산업별 취업인구, 산업별 생산액의 추이, 산업별 구성비율, 취업인구 1인당생산 등을 산출하여 대상구역의 산업구조 현황과 장래의 산업발전가능성을 검토하는 자료로 한다.

## 2.2.6 농업조사

계획대상구역의 농업현황 및 동향을 파악하여 금후의 농업발전가능성 및 이에 기여할 농도의 역할을 검토하기 위해 농업경영, 영농상황, 농업시설 등을 조사한다.

### 가. 농업경영, 영농상황조사

농가의 경영능력, 경영형태, 경영방향 등을 조사하여 금후의 농가동향을 검토하는 자료로 활용한다.

또 현재의 영농조직, 농업기계이용조직, 농기계작업체계 등을 조사하여 금후의 농업기계이용의 방향설정에 참고로 한다. 또한 농업시설 배치계획을 고려하여 농도의 배치 및 구조를 정하기 위한 기초자료로 한다.

#### 1) 농업경영

경영 규모별 농가수, 농가호당 경영 경지면적, 전업 · 겸업별 농가수, 축산농가수 및 사육두수, 경영유형별 농산물, 판매규모별 농가수의 추이를 조사하여 농가 계층의 동향과 그 특징, 전업, 겸업의 분화정도, 축산농가의 경영규모 및 범위를 파악한다.

#### 2) 영농상황

(1) 집단적 생산조직, 공동경영조직, 집단재배조직 등에 대하여 참여농가수, 경영규모, 영농관리실태 등을 조사하여 영농계획책정의 기초자료로 한다.

(2) 농업기계 및 자동차 보급상황

① 종류별, 규모별 대수

② 소유형태별 대수 (개인, 공동, 법인소유 등)

③ 이용상황 : 농업기계의 공동이용조직에 대하여 참여 농가수, 대상경지면적, 1년 주기의 기계화작업체계를 조사하여 이용조직의 범위 및 운영관리의 실태를 파악하고 공동이용조직의 장래계획의 기초자료로 활용한다.

(3) 재배작물별 면적 및 작부체계를 조사하여 영농계획수립의 기초자료로 한다.

### 나. 농업시설

현재의 농업시설에 대하여 그 이용조직, 이용범위 및 시설간의 상호 기능분담관계 등을 조사하여 생산유통경로도, 이용권도를 작성하고 노선배치계획의 기초자료로 한다.

농업시설은 그것이 계획대상구역 밖의 것이라 할지라도 구역과 관련성이 있는 처리, 가공, 저장, 유통 등의 기능을 가진 시설에 대해서는 조사대상으로 한다.

### 1) 기능별, 규모별 농업시설수 및 위치

지형도에 현재의 농업시설의 위치를 표시한다. 기능별 농업시설에는 아래에 열거하였으며 구역의 상황에 따라 선택하여 조사한다.

- ① 종합기능을 가진 시설 …………… 농협, 농업기술센터, 한국농촌공사 지사 및 지소
- ② 생산기능을 가진 시설 …………… 농기계 수리센터, 자재창고
- ③ 유통기능을 가진 시설 …………… 공동출하장, 처리·가공시설, 시장, 저장시설 등

### 2) 농업시설의 이용조직형태와 운영방법

농업시설의 이용조직(농협, 법인조직 등)형태와 운영방법 및 이용상황에 대하여 조사한다.

### 3) 농업시설의 이용범위 및 상호관계

- ① 각종 생산물의 유통경로도 : 원료 및 생산물의 입하경로, 시장에의 출하경로 등에 대하여 그 유통경로도를 작성한다.
- ② 농업시설의 생산, 유통과정에서 지역간 분업과 상호관계에 대하여 파악한다.
- ③ ①, ②의 조사를 통하여 이용권도를 작성한다.

### 4) 기타 농업개발계획

지역단위의 각종 농업개발계획에 대하여 조사한다.

## 2.2.7 관련사업조사

계획대상지역 및 그 주변에서 이미 시행하였거나, 시행중 또는 계획 중의 타사업 내용을 조사하여 이 중에서 계획과 직접 또는 간접적으로 관련이 있는 것에 대해서는 그 세부적인 사업내용을 조사한다.

- (1) 이미 시행하였거나 시행중, 또는 계획 중인 각종 농도정비사업, 경지정리사업, 각종 농업생산기반정비사업 등의 계획, 설계, 노선배치, 구조, 시공년도, 시공시의 상황과 이들 사업에 대한 한국농촌공사, 시·군, 농협, 농민들의 평가 등을 계획서 및 설계서 등의 자료나 청문(聽聞)조사에 의해 파악한다.
- (2) 국도, 지방도, 시·군도의 개수, 신설사업, 하천개수사업 등의 계획에 직접 또는 간접적으로 관련되는 사업에 대해서도 (1)과 같이 자료수집을 한다.
- (3) 취락이전 및 재정비 등의 사업계획이 있으면 그 위치관계를 조사한다.

## 2.2.8 도로조사



계획대상 지역의 도로망(계획이 구체화되어 있는 노선을 포함)과 이와 관련되는 주변지역의 도로 그리고 철도, 버스 등 차량운행노선에 대하여 조사하여 도로상황을 파악한다.

(1) 고속도로, 일반국도, 지방도, 시·군도 및 기타 도로(농도 등)별로 노선길이, 노선 밀도, 폭, 개량율, 포장율 등을 조사한다. 개수 또는 신설사업계획이 있는 경우에는 도로위치, 부지폭, 구조, 노폭, 시공시기 등에 대하여 조사한다. 이상 분류 조사한 내용을 지형도에 정리하여 도로망도를 작성한다.

(2) (1)에서 조사한 도로중 계획수립에 필요한 범위내의 도로를 대상으로 다음 항목에 대하여 조사한다.

- ① 구조상태 …… 횡단면의 구성(차도, 길어깨, 보도 등의 폭), 구조, 노면마무리, 기울기
- ② 유지관리 …… 관리주체, 유지관리 상황
- ③ 교통장애 …… 교통사고다발지점
- ④ 교통규제 …… 최고속도, 차량제한, 주차금지
- ⑤ 교량 …… 가설위치, 길이, 횡단면의 구성, 설계자동차하중, 형식, 가설년도

(3) 열차, 버스 등 교통기관의 운행노선을 조사한다.

(4) 동기 적설지대에 대해서는 제설노선, 제설의 우선도, 제설시간, 제설방법, 제설장비 등을 조사한다.

### 2.2.9 교통량조사

계획노선의 위치가 개략적으로 정해지면 장래교통량을 예측하는 자료로 활용하기 위하여 이 노선에 관계되는 주요 기존도로의 교통량을 조사한다.

교통량이란 어느 도로의 특정지점을 단위시간 내에 통과하는 운행차량(표 2. 17 참조)의 대수 또는 사람 수를 말한다. 그러나 특별히 규정하지 않는 경우에는 자동차류의 운행만을 교통량으로 하는 것이 일반적이다.

교통량조사는 농도의 폭, 구조 등을 결정하는 기초로서 또한 장래 목표지점의 교통수요를 수용할 수 있고 경제적으로 정비하기 위해서는 어떠한 교통용량의 농도를 계획해야 하는가를 판단하는 지표로 삼기 위한 중요한 조사사항이다.

#### 가. 조사노선 및 조사위치

조사대상노선은 계획대상지역에 따라 다르지만 일반적으로 다음과 같은 노선으로 한다.

- ① 계획노선의 시점 또는 종점과 접속하는 노선
- ② 계획노선의 중간에서 교차 하는 교통이 많은 노선
- ③ 계획노선과 병행하는 노선

조사위치는 조사목적에 가장 합당한 곳을 선정해야 하나 일반적으로 ① 및 ②의 노선에서는 계획노선과의 접속점 또는 교차점에 가까운 지점, ③의 노선에서는 계획노선의 시점, 종점, 중간점에 해당하는 3개소 정도로 한다.

또 조사위치의 평균 폭, 보도의 유무, 노면상황 등에 대해서도 조사한다.

## 나. 조사방법

농어촌지역에서의 교통량의 시간변동 패턴은 도시지역과는 다르므로 농어촌지역에 적합한 방법으로 조사한다.

조사방법에는 지점관측법과 이동관측법이 있는데 어느 방법을 채택하느냐는 지역 실정에 따라 판단한다.

### 1) 지점관측법

노면상에서 교통량을 관측하는 방법으로 통과교통량을 측정하는 것을 말한다. 시간별, 차종별, 방향별 교통량을 측정한다.

관측시간은 주간 12시간이 일반적이며 이로부터 일교통량을 추정할 수 있다. 그러나 이 방법은 인력에 의존하는 관측방법이기 때문에 적당한 관측원의 확보와 그 업무조건 등에 대해 세심한 배려를 요한다.

### 2) 이동관측법

조사노선상을 왕복하면서 서로 마주친 차량의 대수, 관측차를 앞질러간(추월) 대수 및 관측차에 앞질음을 당한 대수를 관측하는 동시에 통과구간의 주행소요시간을 측정하여 그 결과에서 교통량과 평균 주행시간(왕복 각각의 방향에 대하여)을 구하는 방법이다.

$$q = \frac{60(x + y + z)}{t_a + t_w}$$

$$\bar{t} = t_w - \frac{60(y - z)}{q}$$

여기서,  $q$  = 진행방향의 교통량(대/시간)

$\bar{t}$  = 진행방향의 평균주행시간(분)

$x$  = 진행방향과 반대로 주행 중 마주친 대수

$y$  = 진행방향에서 관측차를 추월한 대수

$z$  = 진행방향에서 관측차에 추월당한 대수

$t_a$  = 진행방향과 반대로 주행한 때의 주행시간(분)

$t_w$  = 진행방향으로 주행한 때의 주행시간(분)

교통량측정치의 편차와 주행횟수와의 관계로 보아 주행횟수 5~6회를 경제적으로 타당한 횟수로 삼는다.

이 관측법은 광역에 걸친 조사로서는 편리하다 그러나 교통량이 심히 편중된 곳 또는 통과대수가 아주 적은 곳에서 이 조사에 의해 교통량을 추정하는 것은 부적당하다.

#### 다. 조사시기

조사시기는 농업교통량에 비하여 일반교통량은 연간변동이 적다는 점과 농업생산 및 농산물유통에 이용되는 농도에 있어서는 교통량의 주체가 농업교통량이라는 점등에 비추어 농업교통량의 피크(Peak) 달(月)로 하는 것이 바람직하다. 또 일반교통량은 토요일, 일요일과 평일과는 다르기 때문에 농업교통과 일반교통이 동시에 피크가 되는 요일을 택한다.

일반적으로 지점관측법에서는 주간 12시간(피크 교통량을 파악하기 위해서는 13~14시간정도 관측해 두면 좋다.)의 교통량을 2~3일간 관측하여 일교통량을 추정한다. 주간 12시간 교통량에 대한 일교통량의 비는 도로의 성격, 연도(沿道)상황 등에 따라 다르다.

#### 라. 조사결과의 정리

조사결과는 표 2.18과 같이 보행자, 자전거, 동력식 이륜차, 자동차, 농업기계류로 분류하여 취합하는 것이 좋다. 승용차, 트랙터 등은 농업교통수단과 일반교통수단에 모두 사용되고 있으나 농업교통과 일반교통을 구분하여 조사한다.

농업기계의 기종은 교통량조사시간에 따라 다르므로 농작업에 따라 선택하고 기종의 폭, 중량에 대해서도 조사한다. 그리고 국도나 지방도와 같이 이미 교통량조사가 되어 있는 지점에서는 그 자료를 활용한다.

농어촌지역주민의 생산, 일상생활면에 있어서도 교통활동과 조사노선과의 관계를 알 필요가 있을 때에는 통행자(PERSON TRIP)조사를 하는 것도 한 방법이다.

계획대상구역에 관계되는 농업교통과 일반교통과는 다음 기준에 의해 구분한다.

##### 1) 농업교통

농업목적을 위한 교통으로서 다음과 같은 교통을 말한다.

- ① 농지로 작물재배를 위해 왕래하는 교통, 농업기계의 주행 등
- ② 농지 및 농업시설까지 농업용 자재운반을 위한 교통
- ③ 농지와 농업시설, 취락 등을 연결하는 농산물의 1차 수송에 관계되는 교통

④ 농업지역, 취락 등과 시장, 소비지를 연결하는 2차 수송에 관계되는 교통

2) 일반교통

교통량조사에서 얻어진 전체교통량 중에서 1)의 농업교통 이외의 것을 말한다. 이 중에서 계획노선의 일반교통은 현시점에서 그 노선에 유입된다고 생각되는 교통을 말하며 아래와 같은 교통을 포함한다.

- ① 지구(地區)밖에서의 통과교통(지구밖에서의 농업교통을 포함)
- ② 지구내 비농가에 의한 교통
- ③ 지구내 농가의 농업목적 이외의 교통

일반교통량은 교통량 조사결과에서 계획노선이 설치된 후 피크구간에서의 유입교통량(추정유입 교통량)을 산출하여 이 안에 포함되는 농업교통량을 빼면 된다.

이 경우 추정유입교통량 및 그 안의 농업교통량의 산정은 조사결과를 검토하여 적절히 추정하여야 한다. 산정결과의 정리는 표 2.19와 같이 하는 것이 좋다.

또 피크구간이란 계획노선에서 가장 교통량이 많아질 것으로 예상되는 구간을 말하며 계획노선 길이 7~10km 당 1개소, 그리고 통상 1개소 당 피크구간은 1~2km 정도(단, 계획노선 길이가 2~3km 정도의 경우에는 1km 이내)로 설정한다.

표 2.17 교통량조사 정리표(지점관측법)

관측점 번호	No.					도로의 평균 차도 폭	m
관측지점	시도 면리	관측일	제1일	제2일	제3일	관측지점에서의 보도 유무	유 무
도로의 종별		년월일				노면의 종류	콘크리트 포장, 아스팔트 포장, 자갈길(간이, 고급)
노 선 명		시 간				노면 상황	양, 보통, 불량
구간길이		기 상				도로 상황	시가지
		관측자 성명					

시 간	종 별	보 행 자 류	자 전 거 류	동 력 식 이 륜 차 류	이용자자동차류			화물자동차류				농업기계류				기 타
					경	보 통	버 스	경	소 형	화 객 차	보 통	특 수 차	트 랙 터	콤 바 인	경 운 기	
오전 6~7시																
7~8																
8~9																
9~10																
10~11																
11~12																
오후12~1시																
1~2																
2~3																
3~4																
4~5																
5~6																
6~7																
7~8																
계																

- 주) 1. 농업교통과 일반교통을 구분 정리한다.  
2. 포장두께의 설계에 사용하는 계획교통량 산정을 위하여 대형차의 통과대수를 구분정리 한다.  
3. 통행차량의 종별은 표 2.18을 참고

표 2.18 통행차량 등의 관측사항

종 별		관 측 사 항	유 의 사 항	
보행자류		인원수	보행자 및 하차(荷車)를 미는 사람을 대상으로 함. 하차, 우마차를 끄는 사람은 제외	
자전거류		대 수	동력식 이외의 자전거, 리어카를 끄는 자전거는 1대로 한다.	
하차(荷車), 우마차류		대 수	하차(荷車), 우마차 이외에 무동력철수(撤水)차 또는 사람이 끄는 리어카, 경운기 등, 하물차(荷物車) 등을 끄는 경우는 1대로 한다.	
동력식 이륜차류		대 수	오토바이(경, 소형) 및 원동기가 붙은 자전거, 리어카를 끄는 이륜차류는 1대로 한다.	
자 동 차 류	승용자동차류	경자동차 (승 용) 승용자동차 합승자동차	대 수 대 수 대 수	경사륜(經四輪)자동차 승용사륜차 및 삼륜차 버스 및 봉고차
	화물자동차류	경자동차 (화 물) 화물자동차 (소 형) 화 객 차 보통화물 자동차 특수차류	대 수 대 수 대 수 대 수 대 수	경화물용 삼륜차 및 경화물용 사륜차 소형 사륜 화물자동차 소형 삼륜 화물자동차 소형 사륜 화물자동차로서 왜건, 픽업 형식의 것 중 좌석이 2열 이상인 것 보통 화물자동차 장의차, 소방차, 살수차, 콘크리트 믹서차, 방송선전차, 견인자동차 등 특수용도차

주) 군사용 및 외국인 전용차에 대해서는 각 차종에 따라 관측

표 2.19 추정유입교통량 추정표

(가) 교통량 조사방법

- (1) 실측조사지점 읍면리 지점(노선명)
- (2) 실측년월일 년 월 일 ~ 일
- (3) 관측시간 오전 시 ~ 오후 시까지

(나) 조사결과

차선명	12시간 교통량 실측치	추정유입교통량			농업교통량		일 반 교통량 C=a-b	좌동환산 대수 C×환산률
		유 입 률	추 정 유입량 (12시간)	추정유입일 교 통 량 (24시간), a	비 율	농 업 교통량, b		

[기재요령]

조사지점에서의 주요차종별 12시간 교통량(2~3일간 관측평균치)을 집계, 정리하여 기입한다.

- ① 추정유입교통량 ..... 조사지점에서의 실측교통량 중 피크 구간에 유입할 것으로 보이는 유입률을 실측교통량 관측사항을 참고로 하여 차종별로 산정한다.

추정유입교통량(24hr) = 추정유입량(12hr) × 1.2배

- ② 농업교통량 ..... 추정유입교통량에 포함되는 현재 농업교통량을 제외하기 위하여 실측교통량의 관측사항(용도구분)을 참고로 차종별 농업교통비율을 추정하여 이를 산정한다.

차종별 환산계수(보통승용차 환산률)

차 종	보 통 승용차	버 스	대형트럭 (6t)	소형트럭 (2t)	트럭(경사륜차, 이륜차)	농업용 트랙터	경운기
환산계수	1.0	1.9	1.9	1.5	0.8	1.9	1.0

## 2.2.10 노선조사

농도의 설정과 조사는 농도계획설계의 핵심이며 근간이 되므로 농도노선의 선정(계획조사), 결정(기본조사), 확정(실시설계조사)의 각 단계별로 검토, 계획수립을 위하여 시공성, 안전성, 경제성의 확보와 지역주민의 생활환경이 개선되고 농촌의 자연환경, 역사문화환경이 보전, 개선되도록, 필요한 항목들에 대하여 필요한 정밀도를 부여하고 합당한 방법으로 조사한다.

### 가. 계획조사

지형도나 항공사진 등으로 지형, 하천, 도로, 철도, 시가지, 공공시설 등을 조사하고 도로망도, 농업시설의 위치도 및 이용권도, 문화재(매장 문화재 등)에 관한 자료와 기타 조사자료를 감안하여 개략적 계획노선을 도상에 도시한다.

이 노선에 대하여 경제성, 안정성, 시공성 등을 종합적으로 검토하고, 계획노선의 결정자료로 하기 위해 다음 사항을 파악한다.

- ① 도상의 등고선 및 현지 조사자료에 의거 종단면도를 그려 현지반과 계획노면 높이와의 관계 및 개략 토공량
- ② 하천의 횡단위치, 교량길이, 터널길이, 도로나 철도와의 교차장소, 선형, 기울기 등에 관한 개략적인 사항
- ③ 건설소요 개산비용  
필요한 때에는 비교노선을 설정하여 이들에 대한 조사도 한다.

### 나. 기본조사

- 계획조사에 대하여 수집되고 조사된 자료의 내용과 정밀도를 분석·평가하고 개략 계획된 노선과 비교노선에 대하여 검토하고 계획노선을 결정하여 노선측량을 실시 선형을 결정한다.
- 결정된 계획노선에 대하여 현지답사, 측량(목측 또는 간측량) 등의 방법으로 지형을 파악하고 지표조사, 보링, 탄성파탐사 등의 방법으로 개략적인 토질, 지질과 그 구조 및 분포상황을 조사하고
- 연약지반 유무와 분포상황, 용출수가 있을 시 위치 및 수량 등을 조사하고 필요한 현장시험을 실시하며 실내시험을 위하여 시료를 채취하고 시험토록 조치한다.
- 지형도를 전개하여 종단면도를 작성하고 계획노선과 하천의 교차위치를 파악하여 교량의 길이를 조사하고 부근 평면도를 작성한다. 또한 구거, 도로, 철도의 교차장소를 조사하여 교차방법과 필요시설물 종류와 구조 등을 구상한다.



## 다. 실시설계조사

- 이 조사는 농도건설공사를 시공하게 할 수 있는 실시설계를 위한 조사이다. 즉, 계획조사, 기본조사에 기초하여 계획수립된 기본설계도는 직접건설공사를 할 수 없으므로 농도를 시공가능하고 확실한 설계가 되도록 시설 및 도로의 세부설계와 정확한 공사량의 산출 및 공사비의 적산을 포함하여 시공장비의 운용과 시공방법 및 시공계획수립에 필요한 자료를 조사하는 것이다.
- 계획조사, 기본조사에서 조사한 항목중 정밀도가 부족한 항목에 대하여는 필요한 정밀도를 부여하여 재조사하고 전단계 조사에서 조사하지 않은 필요한 항목을 새롭게 조사한다.
- 계획노선에 대한 중·횡단 측량을 실시하여 정확한 토공량을 산출하고 주요시설 및 구조물 위치를 확정하여 주변지형측량을 실시하며 현장에서의 필요한 시험조사는 물론 농도노선의 지반, 절토, 성토재료의 물리적 성질, 역학적 성질, 원위치 시험 등 필요한 실내시험을 위한 시료채취 등을 실시한다.

### 2.2.11 환경조사

환경조사는 농도노선과 인근지역에 대한 지역사회, 생활환경, 자연환경, 역사문화환경 등에 대하여 자료수집, 답사, 주민청문 등의 방법으로 조사한다. 환경조사는 통합(환경, 교통, 재해) 영향평가를 위한 조사와 연계하여 실시할 수 있다.

환경조사는 농도건설에 의한 지역사회의 산업생산활동과 주민생활환경의 개선 향상을 도모하고 농도건설과정 및 건설후의 자연환경에 대한 훼손 또는 악영향을 최소화하고 자연경관, 생태환경을 보존, 조화, 개선, 향상토록 하기위한 계획자료로 활용한다.

환경조사항목과 내용 등은 관계법령에 의하여 농도건설사업 시행전에 실시하는 통합(환경, 교통, 재해)영향평가를 위한 조사항목 내용등과 대부분 동일하므로 연계하여 조사하는 것이 효율적일 수 있다.

표 2.19 환경조사항목과 내용

분류	항목	내 용	참고문헌
자연 환경 조사	지형, 지질	보존해야 할 지형, 지질 : 이용 가능한 지점을 검토하기 위하여 특성있는 지형이나 지질에 대하여 조사한다.	·지형도 ·토지분류 기본조사서 ·토지조건도
	주변 환경	보존해야할 아름다운 하천이나 계곡 : 저류지 및 휴게시설 등 정비에 활용되는 수변을 파악하기 위하여 농도와 교차하거나 농도연변을 흐르는 하천이나 수로의 상황 및 연변의 저류지, 습지, 호소 등의 상황을 조사한다.	
	식물	도로변의 식생분류에 대하여 수종, 군락 등을 조사한다. 특히 귀중한 식물에 대해서는 식재 수종 등을 검토하는 자료로 활용되기 때문에 문헌에서 조사하고 답사 등을 통하여 현지를 확인하는 것이 필요하다	·자연환경 보전 기초 조사의 식물분포도 및 보고서 ·희귀한 식물군락(환경부)
	동물	동물서식 환경의 보전대책을 검토하기 위하여 노선에 서식하는 동물종류에 대하여 주로 문헌으로 조사한다. 서식장소가 확인되는 경우에는 현지조사와 주민 청문조사를 병행하여 실시한다.	·자연환경 기초조사 동물분포도 및 보고서 ·중요한 양서류, 파충류, 담수어류, 곤충류, 멸종위기에 있는 야생생물 관련자료
	토양	운송수단 및 송유시설 등에 의한 토양오염현황을 조사한다.	
사회 환경 조사	경관	소공원 정비나 도로에서의 경관보전을 검토하기 위하여 도로에서 조망이 좋은 장소와 경관에 악영향을 주고 있는 건물이나 시설 등을 조사한다.	
	마을	생활측면에서의 도로의 이용상 불편한 곳이나 위험성이 있는 곳을 파악하기 위하여 도로인접의 마을현황을 조사한다.(인구, 농업, 생활환경, 기타)	
	산업	도로주변의 주된 농산물, 특산품 지역산업 및 산업과 관련된 시설 등에 대하여 조사한다.	
	교통	도로의 이용형태 및 교차점의 정비를 검토하기 위하여 농도에의 접근로, 농도와의 교차점 또는 연결점의 상황을 조사한다. 정비계획중의 도로에 대해서도 조사한다.	·시·군의 도로망도 ·시·군 관내도, 행정지도
	공공 시설	농촌생활활동에서 도로의 이용이나 보도, 자전거차도의 필요성 등을 검토하기 위하여 노선에 입지하는 공공시설의 종류, 내용, 이용권 등에 대하여 조사한다.	

분류	항목	내용	참고문헌
사회 환경 조사	관광·레크리에이션	관광이나 레크리에이션을 위한 도로이용이나 이벤트에의 이용을 바탕으로 한 정비를 검토하기 위하여 노선에 입지하는 관광시설의 내용, 뒤섞임상황 등에 대해서 조사한다. 또한 도로 주위에서 행해지고 있는 축제나 이벤트 등에 대해서 조사한다.	·관광 팸플렛 ·관광지, 관광객 통계 ·민속문화 등의 자료
	토지 이용	도로주위의 토지이용 조사 및 식생조사를 함께 조사하는 것이 바람직하다 토지이용 구분은 다음과 같은 것을 생각할 수 있다. 논, 밭, 과수원, 광역수림 침엽수림, 대나무밭, 뽕나무밭 황무지, 습지, 묘지, 대지	·국토이용계획도
	토지 이용 규제	자연공원, 조수보호구역 등에 대하여 조사한다.	·국토이용계획도
역사 환경 조사	사적, 문화재	보존해야 할 사적이나 문화재, 그리고 관광지나 대화의 장으로서 활용 가능성을 검토하기 위하여 도로인접에 위치한 사적, 문화재의 내용, 지정상황 등을 조사한다. 또 전통적인 행사, 풍습에 대해서도 조사한다.	·시·군의 역사 자료 ·관광 팸플렛 ·시·군이 작성한 소 개책자 ·문화재 위치 및 현황도
정비 상황	도로 환경 정비 상황 조사	환경친화적 정비에 있어서 지역내에서의 정비 수준을 검토하기 위하여 다른 도로(국도, 지방도, 시·군도 등)에서 기 실시하였거나 하고 있는 환경정비상황에 대해서 조사한다.	
주민 의향 조사	주민 의향 조사	환경정비방법이나 유지관리에 관한 주민의향을 파악하기 위하여 농촌도로환경정비에 대한 지역주민과의 대화 또는 설문문을 통하여 조사한다. 방법으로는 직접대화, 설문조사 등을 생각할 수 있다.	

자료) 환경친화적 농촌정비사업 설계지침 농촌도로편(농업기반공사)에 의함

### 3.2.12 유지관리조사

농도건설 계획을 수립함에 있어 건설후의 도로 및 중요시설에 대한 유지관리를 고려하여 계획하여야 하므로 유지관리에 필요하거나 직간접으로 영향을 줄 수 있는 요소들을 자료조사, 청문조사 등의 방법으로 조사한다.

건설된 농도시설은 적절하게 유지관리 함으로서 기능이 유지되고 지속될 수 있으므로 계획단계에서부터 유지관리를 고려하여 시설의 종류를 선정하고 시공방법을 검토하여 계획에 반영하여야 한다.

#### 가. 농도 유지관리체계의 조사

인근 기설농도의 유지관리주체, 유지관리내용, 작업분담체계, 유지관리비의 재원, 규모, 지출방법 등을 조사한다.

#### 나. 유사시설에 대한 유지관리상의 문제점 조사

기 설치된 다른 도로(국도, 지방도, 시군도 등)의 유지관리에 대한 문제점 등을 조사하여 그 내용을 본 노선의 계획에 반영한다.

#### 다. 관련된 각종 조직 상황조사

농도건설후 유지관리작업에 관련될 것으로 예상되는 각종조직의 상황에 대하여 조사한다.

## 제 3 장 계 획

### 3.1 기본구상

농도 또는 농도망의 계획수립에 있어서는 그 지역의 자연 및 사회경제조건, 농수산업현황, 교통상황 등을 파악하여 농업생산의 현대화, 농수산물유통의 합리화에 이바지할 수 있게 하는 동시에 농어촌생활환경개선, 자연경관의 활용, 어메니티 창출 등에도 기여할 수 있게 종합적인 관점에서 구상해야 한다.

1) 농도는 그 직접적인 목적인 농업생산의 현대화 및 농수산물유통의 합리화와 농어촌생활환경의 개선 이외에도 농어촌지역을 포함한 주변지역의 여러 산업 및 토지 이용과 밀접한 관계를 가지고 있다. 따라서 앞으로의 농어촌지역은 생산 및 생활환경 등 농어촌의 정주조건을 정비함이 필수적인바 종합적인 환경정비의 일환으로 농어촌어메니티도 고려하여 농도를 정비함이 바람직하다.

2) 넓은 지역을 대상으로 하는 농도의 계획수립에는 해당지역의 개발구상 등 지역계획에 상응한 정비요건을 설정함이 중요하다.

### 3.2 목표설정

농도계획은 농어촌지역에 있어서 농도망의 정비를 주체로 하는 지역계획의 한 요소이며 농어촌계획의 일환으로 다루어야 한다. 따라서 계획수립에 있어서는 그 지역의 장래를 정확히 예측하는 동시에 대상지구에서 농도계획이 담당할 역할 및 위치를 명확하게 함으로써 농도정비목표를 분명히 설정해야 한다.

1) 농도의 정비는 장기고정투자로서 그 효과도 장기간에 걸쳐 지속되는 것이다. 따라서 될 수 있는 한 장기전망에 의하여 어떤 농도로 정비함이 필요한가를 판단해야 한다. 구체적으로 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

가) 지역정보에 부합된 장래의 농업전망에 비추어 주산지가 형성될 수 있게 분산된 농지를 집단화하고 호당 경영규모의 확대를 피하여 개별적으로 행해져 온 경영을 협업화하여 고능률의 농기계를 도입하여 노동력의 철저한 절감이 이루어질 수 있도록 한다. 또한 유통기구를 개선하여 계획적으로 집출하하는 등 일관된 운영하에 고생산성 농업을 영위할 수 있게 생산단지를 육성해 가도록 해야 한다. 이를 위해서는 생산→유통→소비의 계통적인 흐름속에 농도를 넣어 생산단지내의 농경에서 집출하까지의 일관된 계통적인 작업이 가능하도록 기간농도에 말단지선농도, 경작도에 이르기까지의 농도망을 적절히 배열하여 지금까지 개별분산하여 행해져 온 생산집단을 기능별로 분산시키면서 유기적인 연결이 가능하도록 한다.

이 경우 농협 등의 농업단체조직의 합리화나 집출하시설 등 농업시설의 종합정리 및 확충과 병행하여 농도계획을 수립함으로써 농수산물수송의 대량화, 규격화를

도모할 수 있게 계획함이 중요하다.

나) 농도를 정비함으로써 농지의 외연적인 확대가 유발되는 경우가 있다. 현상에만 집착하여 이와 같은 지역농업의 장래동향을 고려하지 않으면 수송량이 늘어남에 따라 적정한 유통 루트의 확보가 곤란한 경우가 생긴다. 따라서 장래의 지역농업형태에 대하여 정확한 예측을 하는 동시에 그 농도가 갖는 역할 및 위치를 알아 두어야 한다.

다) 농도는 일선도로와 함께 농어촌의 발전을 꾀함에 있어 중요한 사회자본의 하나이다. 농어촌지역주민의 생활활동은 직업, 연령, 성별 또는 농어촌의 위치, 교통기관의 상황에 따라 다르다. 따라서 농도계획을 세울 때에는 사회, 경제조건(특히 인구, 직업구성등)의 변화를 정확하게 예측해야 한다. 특히 최근의 농촌사회는 혼주화(混住化)가 늘어나고 농촌거주자의 직업활동이 다양화되며 동력화(Motorization)의 발달에 따라 생활행동권이 광역화하고 있다는 점을 고려하여 교육, 문화, 의료등 높은 수준의 광역공공시설이나 서비스에 대하여 농촌거주자가 이용할 수 있도록 배려함도 중요하다.

또 농촌에는 활동성이 낮은 노인, 아이, 부인 등 동력화에 대응하기 어려운 층도 거주하고 있다는 점에 비추어 이용자의 안전성과 쾌적성에 대하여 특히 배려해야 한다.

라) 설정된 정비목표에 대해 그것을 구체화하는 수단으로서 농도의 정비가 유일한 수단인가, 아니면 다른 수단에 의할 것인가, 또는 다른 수단과의 조합에 의할 것인가를 비교검토하여 목표달성을 위해 가장 타당한 방법을 찾아내야 한다.

2) 농도의 정비는 그것만으로 완결되어지지 않는다. 따라서 농업기계의 도입, 농업시설의 정비 및 경지정리, 농지개발 등에 의한 경지조건외의 정비 및 농어촌의 환경정비등과 함께 추진함이 중요하다.

농도정비계획에 임해서는 그 목표를 달성하기 위한 모든 관련사업을 계획수립단계에서 밝히고, 이것과 관련시켜 계획을 세우는 동시에 농도정비이외의 수단에 따르는 계획도 명확히 하여 두어야 한다. 예컨대 유통, 가공시설의 개선 또는 농업기계의 도입 등을 고려하지 않으면 안되는 경우가 있기 때문이다.

### 3.3 계획수립시의 유의사항

계획수립에 있어서는 다음사항에 유의해야 한다.

1. 일반도로와는 달리 이용형태의 특수성을 충분히 고려한다.
2. 수송량의 증대, 유통차량의 대형화 및 장래의 유통형태의 변화에 대응할 수 있도록 한다.
3. 농기계의 효율적 이용을 꾀할 수 있게 한다.
4. 농어촌지역주민의 일상생활상의 교통이 안전하고 원활하게 되도록 한다.
5. 토지이용계획, 농업개발계획 등의 상위계획 및 관련사업계획과 충분히 조화가 이루어지도록 한다.
6. 지역환경의 보전, 개선 및 어메니티 창출에 기여하도록 한다.

계획수립에 있어서는 설정된 정비목표를 구체화하기 위해 다음 사항에 유의하여 농도의 다각적인 기능이 발휘될 수 있게 해야 한다.

1) 농도는 그 이용형태로 보아 농수산업운반차량 및 농업기계를 비롯한 일반차량의 주행에 이용되며 고속차량과 저속차량의 혼합교통이 되고 있다. 또 농업생산활동의 장소로서 농산물 및 농업용자재의 싣고 부리기 장소, 농업기계의 일시정거장소, 농작업중의 농업기계의 선회장소 등 다각적으로 이용된다. 따라서 이들 이용형태의 특수성을 고려한다.

2) 처리, 가공, 저장, 유통 등의 농업시설의 정비 및 영업형태의 변화에 따라 농수산물의 수송량, 수송형태, 유통경로 등이 변화한다. 따라서 이들의 장래변화에 충분히 대응할 수 있게 한다.

3) 농업생산의 현대화에 이바지 할 수 있게 지구의 영농상황에 따라 현재 사용하고 있는 농업기계 또는 장래 도입코자 하는 대형화, 고속화 추세에 있는 농업기계가 효율적으로 가동될 수 있도록 한다.

4) 농어촌지역의 생활환경개선에 이바지할 수 있게 농어촌지역주민의 일상생활상의 교통편익을 증진시키는 동시에 안전하고도 원활한 교통이 이루어지도록 한다.

5) 지구내외의 상위계획 및 관련사업과의 조화를 이루도록 한다.

구체적으로는 각종 농어촌정비종합계획, 시·도단위의 개발구상등의 상위계획 및 경지정리사업, 농업용수 및 배수개선사업, 농지조성사업 등의 농업생산기반정리사업, 하천개수사업, 도로개수사업 등에서 농도정리가 지구내외에서 실시중 또는 계획되고 있는 경우에는 이들의 사업시행주체와 사업계획(실시시기, 시공장소, 구조, 규격, 시공방법 등)에 대하여 협의 조정하고 시공에 대해서도 실시시기, 비용분담방법 등에 대하여 서로 협의하여 중복 또는 되풀이공사가 생기지 않도록 해야 한다.

[참고] 농도계획수립에 있어 조화를 이루어야 할 제반관련계획 예

가) 토지이용계획관계

- 국토이용계획(국토이용관리법)
- 농어촌정비종합계획
- 도시계획(도시계획법)
- 산림개발계획(산림개발법 및 산림법)

나) 지역개발계획관계

- 농가소득개발계획
- 정주권개발계획
- 지역사회개발계획
- 환경보전 및 어메니티 창출계획

다) 농업개발계획관계

- 지역농업개발계획(복합영농 시범계획)
- 농업생산기반정비사업계획

### 3.4 계획수립순서

계획수립은 원칙적으로 기본구상에 따라 계획의 각 요소간의 관련성을 고려하면서 골격이 되는 요소에서부터 순차적으로 세부사항을 정해가며 필요에 따라 피드백(Feed back)하여 타당한 계획이 되도록 한다.

사업지구에 따라 농도의 정비목표가 다르고 그 입지조건도 다르다. 따라서 지구의 실정을 참작하면서 계획내용을 검토하여 효율적으로 계획의 각 요소를 결정해 가도록 해야 한다. 또 계획의 입안단계에서는 필요한 경우 피드백하거나 또는 몇 개의 비교안에 대하여 검토하여 가장 타당한 계획을 수립하여야 한다.

그림 3.1은 계획수립의 표준적인 순서를 보인 것이다.



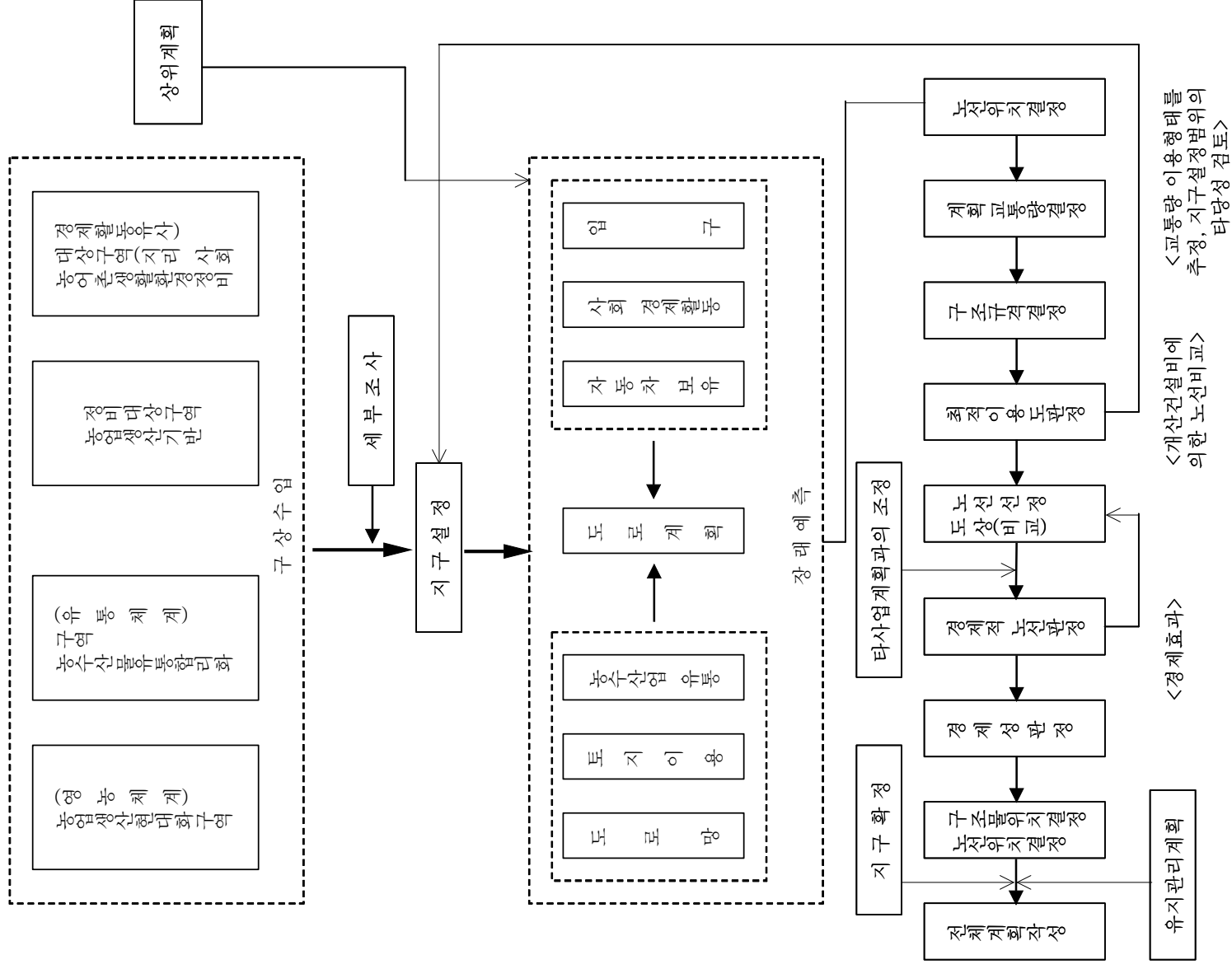


그림 3.1 계획수위 순서

### 3.5 지구선정

지구선정은 그 지역의 개발구상 및 주변지역과의 관련성을 고려하면서 계획내용에 따라 다음 사항을 종합적으로 검토하는 동시에 사업시행단계에서 지구변동이 생기지 않도록 해야 한다.

1. 지형, 지물(산, 하천, 도로, 철도 등) 조건
2. 시, 도, 읍, 면, 리계 또는 한국농촌공사 지사 및 지소, 농협 등의 농업단체조직의 범위
3. 경지, 용배수계통, 도로, 하천 등의 정비상황 및 정비계획
4. 영농형태, 농업시설의 위치 및 규모, 시장, 현재의 유통경로 등의 농수산업 입지 조건
5. 농어촌지역주민의 생활활동권역
6. 농어촌지역주민의 의향
7. 각종 지역계획 및 토지이용규제

농도정비에 관계되는 사업지구를 선정함에는 지형, 지상시설물조건, 시, 군, 읍, 면, 리계, 농지개량조합구역, 농협 등의 행정조직 또는 농업단체조직의 범위 및 경지, 용배수계통, 도로, 하천 등의 정비상황에 대하여 주변지역과의 관련성을 검토 조정하여 결정해야 한다. 이 경우 농수산업시설의 배치상황, 금후의 설립계획도 포함하여 생각하는 동시에 학교, 마을회관, 보건소등의 공공시설 및 농어촌취락 생활권을 기본단위로 하여 농어촌지역주민의 생활활동권역에 대해서도 검토한다.

### 3.6 노선배치계획

#### 3.6.1 기본구상

계획노선은 지구의 자연조건, 농도의 종류, 기존도로의 배치, 교통상황, 농수산업시설의 배치 등에 대하여 종합적으로 검토하여 이용형태에 알맞은 효율적인 배치가 되도록 한다.

노선배치는 계획의 잘 잘못을 가리는 기본적인 사항이므로 특히 신중히 다루어야 한다. 따라서 지구의 자연조건, 영농조건, 농수산업시설의 배치상황, 경지형태, 기존도로의 배치, 구조, 교통상황, 생활도로로서의 이용 상황, 및 이용목적별 이용가능비율 등에 대하여 종합적인 검토를 하여 우선 농수산물과 농수산업용자재 등의 수송, 생활도로로서의 편의성 등의 측면에서 그 계획노선의 필요성, 타당성을 명확히 한 다음 효율적이며 경제적인 배치가 되도록 한다. 노선배치시 고려해야 할 점은 계획노선의 정비목적 및 농도의 종류, 기능에 따라 다를 것이지만 일반적인 유의사항을 들면 다음과 같다.

가) 기존도로의 폭을 단순히 확장한다는 것만이 아니고 지역의 효율적인 농도망의

정비에 기여할 수 있도록 배치한다.

- 나) 농도는 일반적으로 다각적인 기능을 가지는 것이기 때문에 이들 기능이 충분히 발휘될 수 있도록 한다.
- 다) 주변의 노선상황 및 경지의 배치, 구획형상에 알맞도록 배치한다.  
(적정한 농도밀도를 유지하는 동시에 일반도로의 바이패스적 성격을 갖는 노선 배치는 피한다.)
- 라) 경제적이고 안전한 노선이 되도록 한다.
- 마) 농어가의향이 충분히 반영된 것이라야 한다.
- 바) 지역환경의 보전, 개선 및 어메니티 창출이 되도록 한다.

### 3.6.2 기간농도

기간농도는 경지내 농도, 농어촌취락도로와 연결되고 농수산업시설의 효율적인 이용을 꾀할 수 있도록 배치하여 국도, 지방도 시군도 및 농어촌도로 등과 접속하도록 한다. 접속시에는 안전하고도 원활한 교통을 도모할 수 있도록 해야 한다.

기간농도는 농어촌지역의 기간이 되는 농도이기 때문에 경지내농도 및 농어촌마을도로와 유기적인 연결이 가능하도록 노선위치를 결정하되 구체적으로 다음 사항에 유의하여야 한다.

- 가) 지형조건에 의해 분리된 소단지의 농지를 연결하는 경우에는 기존의 영세한 도로기능을 합쳐 단지를 일관하여 횡단하도록 배치한다.
- 나) 가공, 집출하시설 등의 농수산업시설을 중심으로 하여 농작업 및 집출하 등이 일관된 관련 작업이 될 수 있도록 농업시설, 농지 및 마을이 연결되도록 배치한다.
- 다) 농수산물을 시장에 출하하기 위하여 일반도로에 연결하는 것이 필요하지만 이 경우 그 일반도로가 장래에 농수산업상의 이용이 원활히 될 수 있는지의 여부를 검토하지 않으면 안된다. 일반도로와의 접속위치에 대해서는 관계기관과 협의 조정해야 한다.
- 라) 농도는 정비목적여하에 불구하고 일반교통용으로도 공용되는 것이다. 따라서 농도로서의 기능을 유지함에는 공사완료후의 적절한 관리가 필요하지만 노선배치에 있어서도 일반도로의 바이 패스(By-pass)적 성격을 갖는 노선은 피해야 한다.
- 마) 농어촌과 도시, 농촌마을을 연결하고 일상교통을 원활하고도 쾌적하게 하며 농어촌의 생활환경개선을 도모하기 위해서는 취락의 위치, 생활권, 농어촌취락과의 연결을 고려하여 노선을 설정해야 한다.
- 바) 노선을 신설하는 경우 지형, 지질 등의 자연조건, 용지취득, 주택 등을 고려하여 안전하고도 경제적인 노선을 선정하는 것이 중요하다. 농도는 교통의 안전성,

쾌적성 및 기능을 확보하기 위하여 형태, 구조 등에 일정한 제한을 둔다. 지형에 따라서는 장대교, 터널, 옹벽 등의 구조물이 필요하고 공사비가 증대된다. 이와 같은 경우에는 노선길이가 길어지는 한이 있더라도 골짜기나 산을 우회하는 노선으로 함이 경제적이 될 수도 있으므로 이에 대해 비교검토하여 노선을 정하도록 한다.

사) 기간농도는 일반적으로 교통량이 많고, 폭도 크기 때문에 자연환경, 생활환경을 고려하여 계획해야 한다.

### 3.6.3 경지내 농도

경지내 농도는 지형의 기울기, 경지의 구획형상, 용배수로의 배치, 마을, 농업시설, 기존도로의 위치등과 같이 밀접하게 관련되므로 이들의 상호배치관계에 유의하여 농업교통 및 농작업이 안전하고도 효율적으로 행해지고, 농도망전체로서 경제적 배치가 되도록 계획한다.

경지내 농도는 경지에의 통작, 영농자재의 반입, 농산물의 반출 등 농작업과 밀접한 관련하에 이용된다. 경지내 농도를 정비함으로써 이들의 작업효율을 높일 수 있으나 보다 종합적이고 효과적으로 작업효율을 높이기 위해서는 경지의 구획형질의 변경, 용배수로 정비, 환지, 농지조성 등을 시행하는 경지정리사업과 함께 하는 것이 바람직하다.

경지내 농도는 일반적으로 지역 및 그 주변지역의 자연조건, 기존도로의 위치 등을 감안하여 골격이 되는 간선농도의 배치부터 한다. 다음에 경지의 작부작물, 구획형상, 용배수로의 배치, 농업기계의 사용상황, 호당경영경지면적 등을 고려하여 지선농도, 경작도를 배치한다.

이때 다음 사항에 유의한다.

- ① 농업시설까지의 농산물수송이 효율적으로 행해질 것.
- ② 취락에서 각 경구(耕區)까지의 통작(通作)이 편리할 것.

#### 가. 논지역

논지역에서 경지정리를 고려한 경우의 경지내 농도의 배치는 원칙적으로 용배수로의 배치와 함께 이루어진다. 이 경우 세로 지선농도는 토적면에서 경구의 단변에 접하게 하고 그 방향은 용배수지거방향과 일치시킨다. 한편 가로 지선농도는 포구의 장변길이가 용배수지거(支渠)의 물관리 및 수로공사비등에 비추어 300~600m정도로 되기 때문에 자연히 그 간격으로 배치하게 된다. 간선농도는 지역의 마을형태에 의해 이용목적 및 이용빈도가 달라진다는 점을 고려하여 농업시설까지의 농산물수송이 가능하도록 적절한 위치에 배치한다. 이 경우 장래의 농업시설의 설치위치도 고려하는 것이 바람직하다.

이들 경지내 농도배치는 평탄지에서는 시간편의면에서 될 수 있는 한 격자형으로 하고 경사지에서도 중단기울기가 한도이상 되는 것을 제외하고는 될 수 있는 한 직선형을 유지하도록 한다.

### 나. 밭, 과수원지역

(1) 밭, 과수원지역에 있어서 경지정리 또는 농지개발을 고려한 경우의 노선배치는 강우량, 강우강도, 지형의 기울기, 작부작물, 토양의 성질, 호당경영경작면적, 경지의 분산상황, 배수로의 위치, 밭 관개시설유무 등에 의해 다르나 일반적으로는 통작도의 간격을 100~200m, 연결도의 간격을 200~1000m로 한다.

(2) 그러나 밭, 과수원지역은 농지의 집단화가 곤란하여 환지에 지장이 생기거나 수확최성기의 성목을 벌목해야 한다든가, 작물의 단지화를 피함이 어렵게 되는 등의 문제로 인해 경지정리를 할 수 없는 경우도 많고 또 지형의 기울기가 급하기 때문에 절성토량이 많아져 무너져 없어진 땅이 많아지는 등 자연적 또는 경제적 이유로 경지정리가 곤란한 경우도 많다.

이와 같은 경우의 노선배치는 간선농도는 지구내 경지에 대하여 이를 관통하는 식으로 지형, 경사에 맞추어 배치하고 지선농도, 경작도는 가급적 각 농가의 경지에 직접진입할 수 있게 배치하는 것이 바람직하다.

(3) 급경사지의 밭이나 과수원등에는 호당경영경작면적의 대소에도 불구하고 농도에 의한 무너져 없어진 땅이 많이 생기기 때문에 농도가 제대로 배치되어 있지 않는 경우가 많다. 이와 같은 조건하의 지역에서는 지형, 작부작물, 농업기계의 종류 및 사용상황, 수송에 사용하는 차종, 호당경지면적, 농도정비에 요하는 비용 및 투자효과 등을 감안하여 영농에 지장을 가져오지 않게 간선농도, 지선농도, 경작도를 배치한다. 또 필요에 따라서 궤도 등의 운반시설도 고려한다.

(4) 지형, 경사, 농지의 집단화 등에 그다지 어려운 문제가 없고 장차 경지정리가 가능한 밭, 과수원 지역에서는 선행하여 정비하는 농도망이 경지정리에 의해 재정비 되는 일이 없도록 배치해야 하며 가능하다면 경지정리사업과 동시에 또는 후에 하는 방안도 검토한다.

## 3.7 계획교통량

농도의 계획교통량은 장차 목표시점의 교통량을 나타내는 것으로 농수산업교통량과 일반교통량으로 구성되며, 농도의 계획 제원을 결정하는 지표의 하나이다. 따라서 지역의 개발구상을 고려하면서 교통량조사를 기초로 하여 장래의 교통형태 및 교통량을 정확하게 예측하여 계획교통량을 결정해야 한다.

농도의 기본기능인 차량교통에 대해서는 장래의 교통량 예측이 중요하다. 이를 위해 계획교통량을 결정할 필요가 있으며 이는 그 계획노선의 장차 목표시점의 통행

차량의 최대 피크대수(보통 승용차환산의 왕복 일교통대수)로 표시한다. (2.2.9 교통량 조사항 참조)

### 3.7.1 계획농수산업교통량

농수산업교통량의 산정은 농수산업관계수송량이 가장 많은 달(피크 월)에 가장 교통량이 많을 것으로 예상되는 교통구간(피크구간)에 대하여 산정하며 계획농수산업 교통량은 이때의 일평균교통량으로 표시한다. 또 이는 농수산물의 수송에 관계되는 것과 농가와 경지간의 통작에 관계되는 것(통작교통량)으로 나누어 산정한다.

#### 가. 농수산물수송에 관계되는 교통량

이는 라이스 센터(Rice center), 선과장, 집하저장고 등 농수산시설의 배치, 경지, 농가, 시장 등의 위치관계로부터 농수산물의 유통 및 수송조건을 명확히 한 다음 피크 구간을 설정하여 이 구간을 경유하여 반출되는 지구내의 농수산물 품목별로 작부 면적(사육마리 수), 단위생산량, 생산자재량, 부산물량 및 상품화량에 대한 현재 및 계획 연간 총수송량과 피크 월의 수송량을 계측하여 피크 월의 일유통량으로 산정한다.

#### 나. 통작(通作)교통량

이는 피크 구간을 경유하여 농가와 경지간을 직접 왕래할 때 수행하는 교통량을 말하며 영농유형별 통작수단, 연간 취업횟수, 호당 경영규모 및 통작대상면적 등에서 일교통량을 산정한다.

### 3.7.2 계획일반교통량

일반교통량의 추계는 계획농수산업교통량을 산정한 피크구간 및 피크 월에 대해 하되 교통량조사결과에 의한다. 계획일반교통량은 교통량조사결과에 표시되어 있는 현재의 추정유입교통량(일반교통량<보통승용차 환산치>)을 바탕으로 하여 10년 후의 일교통량을 추계한 것이다.

### 3.7.3 계획교통량

계획농수산업교통량과 계획일반교통량의 합계이다.

### 3.7.4 포장두께의 설계에 사용하는 교통량

이는 5년 후의 대형차의 1일 추정통과대수로 한다. 1차선의 경우는 1일 2방향의 합계 대수, 2차선의 경우는 1일 1방향의 통과대수로 하고 그 대수에 따라 표 3.1과 같이 교통량을 구분함을 원칙으로 한다. 다만, 현지의 특수사정에 따라 계획교통량이 대폭변동되는 사태가 예측되는 경우에는 그 환경조건을 고려하여 교통구분을 검토한다.

표 3.1 교통량의 구분

교통량의 구분		대형차량교통량(대/일)
L	0	대형차량(표3.5참조)의 교통이 예상되지 않고, 경차량의 교통이 어느 정도 예상되는 경우
	I	15 미만
	II-1	15이상 ~ 40미만
	II-2	40이상 ~ 100미만
A	III	100이상 ~ 250미만
B	IV	250이상 ~ 1000미만
C		1000이상 ~ 3000미만
D		3000이상

주) 교통량이 1000대 이상인 경우는 건설부제정 “도로포장설계시공지침”에 의한다.

가) 농수산업용의 대형차량계획대수(대/일)는 계획년간농수산업교통의 대형차량연대수를 365일로 나눈 일 평균교통량을 다시 차선수로 나눈 값으로 한다.

$$\text{농수산업용 대형차량계획대수(대/일)} = \frac{\text{농수산업용 대형차량의 연간연대수}}{365\text{일}} \div \text{차선수}$$

나) 일반차량의 대형차량계획대수(대/일)는 일반교통량조사표의 대형차량의 현재대수에 10년 후의 계획 일교통량을 가산한 대수를 2로 나눈 일평균교통량을 다시 차선수로 나눈 값으로 한다.

$$\text{일반차량의 5년 후의 대형차량계획대수(대/일)} = \frac{\text{현재대형차량대수} + 10\text{년후 대형차량대수}}{2} \div \text{차선수}$$

그림 3.2는 이들 계획교통량 산정의 흐름도(Flow chart)를 나타낸 것이다.

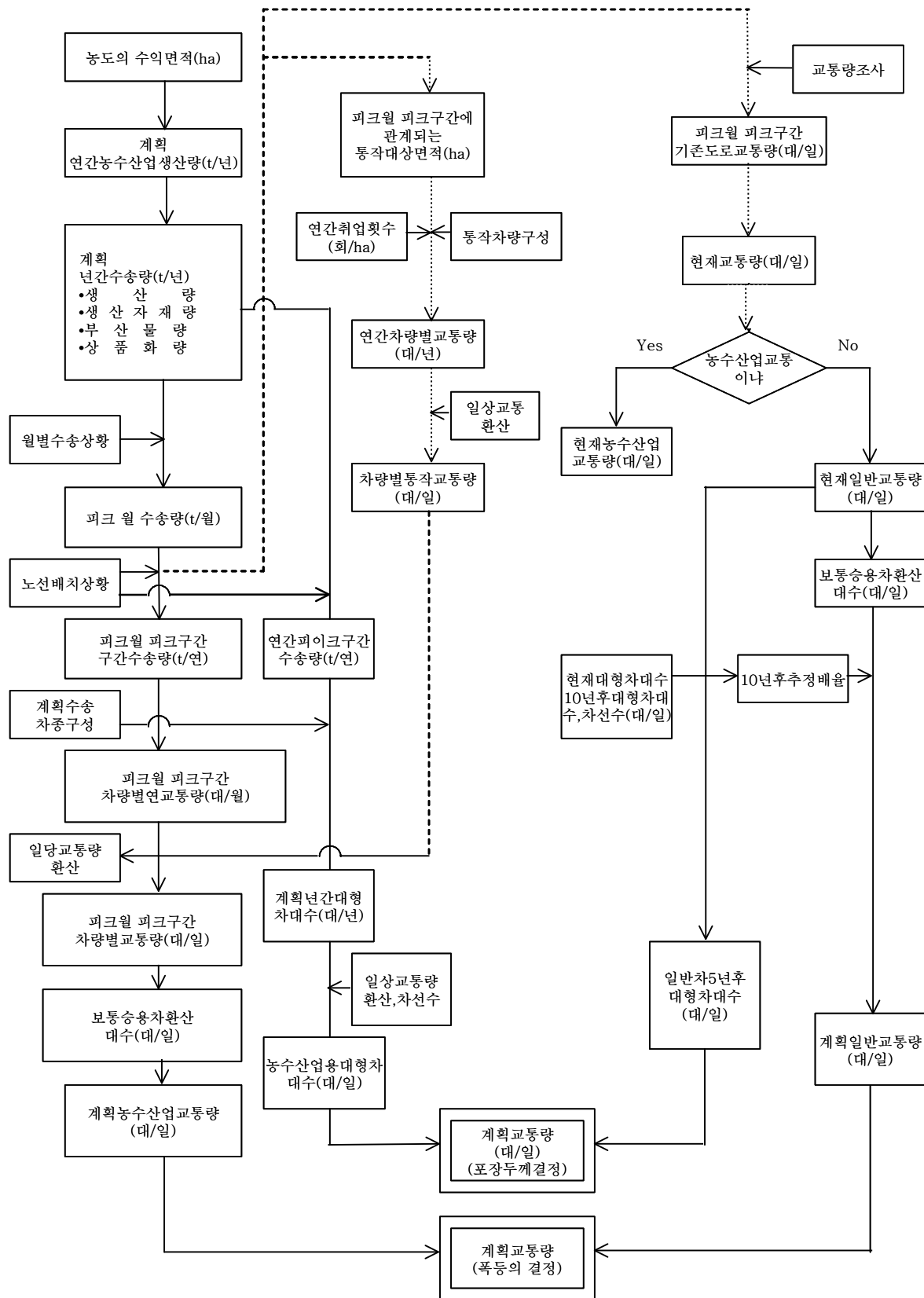
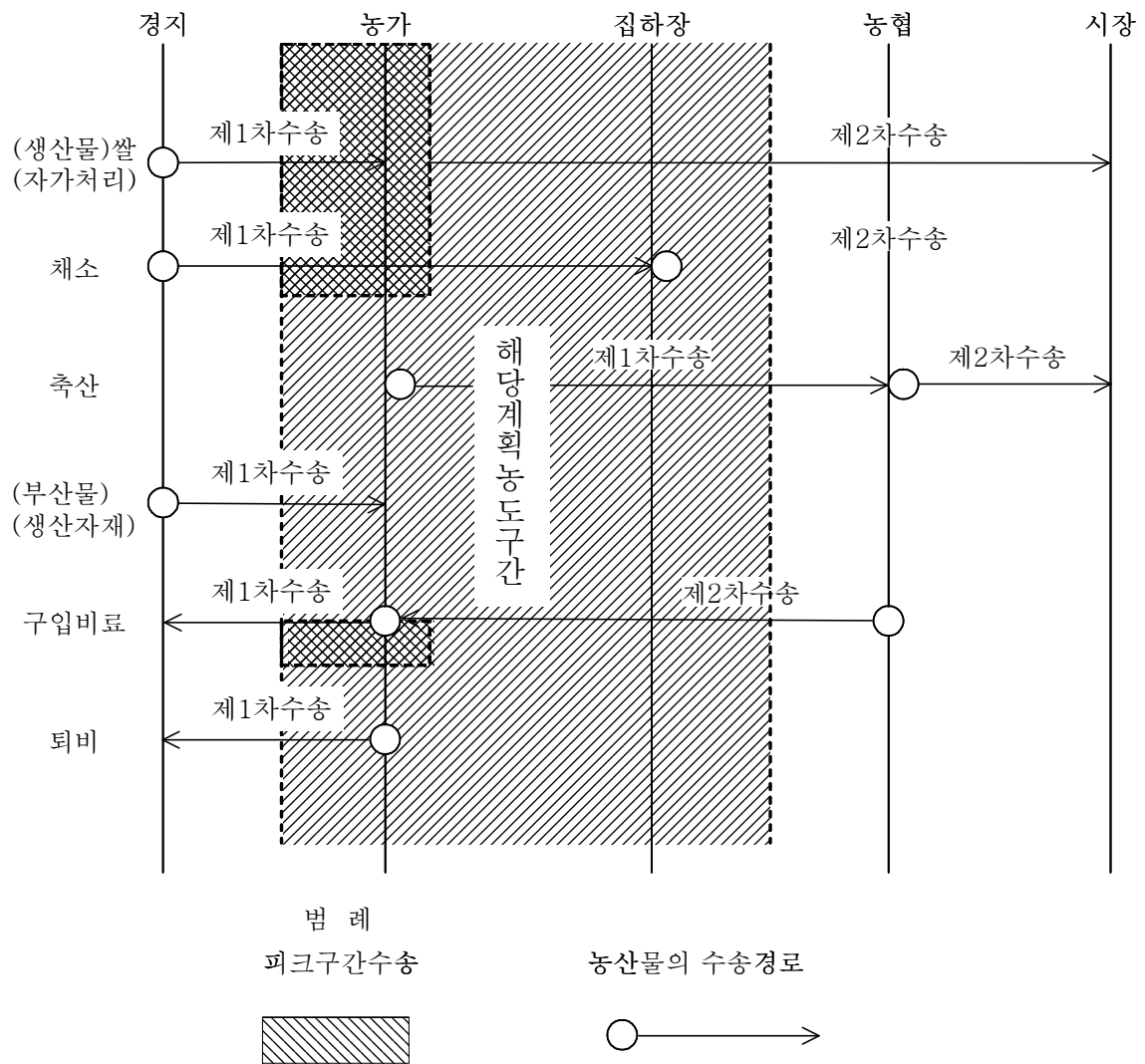


그림 3.2 계획교통량산정 흐름도



[참고 1]

농업수송체계의 구성  
농업관계수송의 체계도(예시)



주요농산물별 수송체계를 경지와 농가, 공동집하장, 농협, 유통시설, 시장 등의 배치와 농도계획과의 관계에서 1차, 2차 수송체계로 모식화하면 위 그림과 같다.(농업관계 수송의 체계도)

또, 계획농업교통량은 피크구간(점선 범위내에서 피크구간을 경유하는 영농, 블록에 한함)에서의 수송량을 근거로 한 피크 월의 일교통량을 산정한다.

농업관계수송량 및 피크수송량의 산정표  
(피크월, 피크구간)

항목 농산물명	작부면적 또는사육 마 리 수	생산량 (t)		생산자재량 (t)		부산물량 (t)		상품화량 (t)		피크월수송량(t) (현재월, 계획월)내는 비율											
		단수 위량 (kg)	현 재	계 획	생계 산 자 재 수	현 재	계 획	부계 산 물 수	현 재	계 획	상 품 화 율	현 재	계 획	생산량		생산 자재량		부산 물량		상품 화량	
														현	계	현	계	현	계	현	계
		재	획	재	획	재	획	재	획	재	획	재	획	재	획	재	획	재	획	재	획
농 산 물														( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
	소계													( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
축 산 물				( ) ( )										( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
	소계			( ) ( )										( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
계																					

[기재요령]

- ① 농산물명 ..... 수익지구내에서 생산되는 농산물명 및 축산물명을 기입한다.  
농산물이 여러 종류일 때는 교통량 및 주행비용의 계측에 지장이 없는 범위에서 대표작물로 종합 정리하여 기재한다.
- ② 작부면적 또는 사육 마리수 ..... 상기 농산물에 대한 현재와 계획시의 영농 및 토지이용상황 등을 조사하여 작물별로 재배면적(사육 마리수)을 기입한다. 수익지구내에서 경지정리, 밭정리 및 농지조성 등의 사업이 계획중이거나 착공중인 경우에는 관련사업 계획내용을 기재하고 그 사업의 작부면적을 그 농도의 현재 작부면적으로 간주하여 기입한다.
- ③ 생산량 ..... 단위생산량은 그 수익지구에 관한 최근 5개년간의 평균 단위생산량을 기입한다. 현재 단위수량과 계획단위수량이 달라지는 경우에는 상위관련정비계획(다만, 구체적인 실시계획이 정해져 있는 것에 한함)에 따르도록 하고 계획단위수량을 ( )내에 병기한다.
- ④ 생산량은 [작부면적(사육마리수)×단위수량]에 의하여 현재와 계획 연간 총생산량을 산출한다.
- ⑤ 생산자재량, 부산물량, 상품화량 ..... 사업계획지구의 실태를 조사하여 주요농산물별 주산물에 대한 생산자재량, 부산물량, 상품화량 등의 수송물량을 계수화하고 생산량에 각 계수를 곱하여 현재 및 계획연간 수송량을 산출한다.
- ⑥ 피크수송량 ..... 농산물별, 월별 수송배분비율을 그 지구의 재배실정 및 수송관계 등의 실태조사를 통해 설정하고 피크 월(연간 총수송량에 대비하여 가장 수송량

(월간 총수송량)이 많을 것으로 예상되는 월)의 농산물별 생산량, 생산자재량, 부산물량, 상품화량의 수송비율을 각각( )내에 기입하고 연간 수송량에 곱하여 피크월의 수송량을 산출한다.

피크 월을 결정함에는 그 지역에서의 주요농산물의 생산물량 및 그 수송체계 등을 고려한다. 동시에 현재와 계획시의 재배, 수송체계의 변화<예컨대 쌀의 건조, 도정, 저장능력을 가진 컨트리 엘리베이터(country elevator)가 설치됨으로 인한 수송체계의 변경 등>에 의하여 피크 월의 수송비율 및 피크 월이 바뀌는 수가 있으므로 이에 대해 유의해야 한다.

[참고 3]

농업교통량의 산정  
피크월 월피크수송구간 기점 ~ 종점 피크구간거리 km

수송내용	항목	차종명		수송비율 1차: % 2차: %						수송비율 1차: % 2차: %						합계								
		피크월구간의 (t)	수송량 (t)	차종별 (t)	수송량 (t)	1차량 (t)	적재량 (t)	연대수 (대)	1일당 (대)	대수 (대)	환산 대수 (대)	차종별 (t)	수송량 (t)	1차량 (t)	적재량 (t)	연대수 (대)	1일당 (대)	대수 (대)	환산 대수 (대)	1일당 (대)	대수 (대)	환산 대수 (대)		
																							환산 대수 (대)	환산 대수 (대)
현 재	일차수송																							
	이차수송																							
	통작교통량 계																							
계 획	일차수송																							
	이차수송																							
	통작교통량 계																							

[기재요령]

- ① 피크 월의 구간수송량 ..... 참고2에서 구한 1차, 2차수송별 월간수송량을 기입한다.  
차량별 수송체계(수송품목에 의한 수송차종, 적재량 등)가 다른 경우에는 주요작물별로 기재할 것
- ② 차종명과 수송비율 ..... 현재 및 계획시의자동차 보유상황과 수송품목별 1차, 2차수송실태 등을 감안하여 피크 월에 사용하는 수송수단, 차종과 1차, 2차수송구분별 수송비율을 기재한다.

- ③ 차종별 수송량 ..... 피크 월의 피크구간에 관한 월간수송량에 1차, 2차별 수송비율을 곱하여 차종별 수송량을 산정한다.
- ④ 1대당 적재량 ..... 1차, 2차 수송별 및 적재품목별 적재하물의 모양과 차종별 적재량을 계획지역의 실태조사에 의해 파악하고 차종별 표준적재량(1대당 허용적재량×적재율)을 구한다.
- ⑤ 연대수 =  $\left( \frac{\text{차종별 수송량}(t)}{\text{1대당 적재량}(t)} \times 2(\text{왕복}) \right)$ 에 의해 구한다
- ⑥ 1일당 대수 =  $\left( \frac{\text{연대수(대)}}{\text{월간가동일수(일)}} \right)$ 에 의해 구한다  
 월간 가동일수는 가동율(2/3)을 곱한 20일을 기준으로 한다.
- ⑦ 1일당 환산대수 ..... 1일당 차종별 대수에 별도로 정한 차종별 환산계수를 곱한 대수로 한다.
- ⑧ 통작교통량 ..... 참고4에서 구한 피크구간에 관한 차종별 통작교통대수를 이기한다.

[참고 4] 통작교통량 산정표

영농 유형구분	항목 구분	통작수단 (차종)	연간취업회수					연대수 (총회수)	1일당 대수	1일당 환산 대수
			호당 회수	표당평균 경영규모	ha당 회수	통작대상면적				
						면적	비율			
	현재									
	계획									

수익농가 총호수(호), 출하 피크 월의 최대수송구간의 통작농가호수(호), 피크 월(월), 피크구간(기점 ~ 종점) 구간거리(km)

[기재요령]

- ① 영농유형구분 ..... 피크구간에 대한 농도수익구역의 주된 영농유형(예컨대, 답작, 전작, 낙농 등)을 1~2유형으로 압축하여 기입한다.
- ② 통작수단 ..... 통작을 위해 사용하고 있는 주요차종을 기입한다. 다만, 연간 취업횟수란의 차종별 내역은 기입할 필요가 없다.
- ③ 호당회수 ..... 농가경제조사의 연간 취업일수, 가족농업종사자수 등을 바탕으로 하여 호당 평균연간통작회수(왕복회수)를 추계하여 기입한다.
- ④ 호당 평균경영규모 ..... 계획지구에 대한 농가호당 평균경영경지면적(ha)을 기입한다.

- ⑤ ha당 횡수 ..... 호당 평균년간통작횡수를 계획지구 평균경영규모로 나누어 ha당 횡수를 구한다.
- ⑥ 대상면적 ..... 피크구간을 직접 통작을 위해 이용할 것으로 보이는 농도수익구역 면적과 총농도수익면적에 대한 비율을 구하여 기입한다.
- ⑦연대수(총횡수) ..... ha당 통작횡수에 통작대상면적(ha)을 곱하여 연간총통작횡수를 구한다.
- ⑧ 1일당 대수 ..... 연간총통작횡수(왕복횡수)를 바탕으로 하여 다음 산식에 의해 구한다.

$$\text{산식} = \left( \frac{\text{년간총연대수(총횡수)}}{365 \times 2/3} \right)$$

1일당 통작대수란에서 차종별구분(지구의 통작수단별 주행실태를 고려하여 배분함)을 하여 기입할 것.

- ⑨ 1일당 환산대수 ..... 1일당 차종별대수를 바탕으로 하여 별도로 정하는 차종별 환산계수를 곱하여 환산대수를 구한다.
- ⑩ 기 타 ..... 통작횡수의 계측은 현재 및 계획시 공히 특별한 사정이 없는 한 동일 교통량으로 한다. 피크구간에 관한 통작교통량을 추계하기 위해 농도수익구역과 취락, 농업생산시설의 배치, 접속농도망의 정비상황 및 방향별 통작대수 등이 판명될 수 있는 모식도를 작성해 둘 것.

### 3.8 설계속도

농도의 설계속도는 농도의 종류 및 기능에 따라서 적절하게 결정한다.

설계속도란 평균적인 기량을 가진 운전자가 농도의 어느 구간에서 쾌적성을 잃지 않고 유지할 수 있는 속도를 말하며 곡선반경, 시거, 종단기울기, 편기울기 등 농도의 기하학적 구조를 검토하고 결정하기 위하여 기본이 되는 속도이다.

농도는 차량 등의 교통이외에 생활상의 보행자나 자전거의 통행 또는 영농상의 주정차에도 이용된다. 따라서 설계속도의 결정에는 농도기능의 특수성을 염두에 두고 필요에 따라 보도, 정차대 등의 구조도 함께 검토하여 각각의 기능발휘에 지장이 없고 안전하게 이용할 수 있도록 정해야 한다.

- 1) 기간농도 및 이에 준하는 간선농도와 같이 폭이 크고, 일반교통량이 많은 농도의 설계속도는 40km/h 이상으로 함을 표준으로 하나 속도에 의한 쾌적성을 고려하여 70km/h를 상한으로 한다. 이 경우 접속하는 일반도로의 규격도 고려하여 동일하게 하는 것이 교통상 안전하다.
- 2) 지선농도, 경작도의 기능을 고려하여 설계속도의 하한값은 20km/h로 한다.
- 3) 설계속도는 교통안전상 될 수 있는 한 긴 구간을 동일하게 하는 것이 바람직하다. 그러나 지형, 경지구획형상, 마을의 배치상황에 따라 불가능하거나 또는 동일

하계 함으로써 현저하게 비경제적인 경우에는 이 구간에 대하여 연속적으로 한 등급씩 낮추도록 한다. 이 경우에도 동일속도 구간은 가능한 한 길게 잡도록 한다.

표 3.2 차도폭과 설계속도의 표준

구 분		설계속도	설계속도(특례)	차도폭	차도폭(특례)
기간농도 간선농도	평지	50km/h	30km/h	6.0이상	-
	산지	40km/h	20km/h		
지선농도		40km/h	20km/h	5.0이상	4.0이상
경작도		20km/h	-	3.0이상	-

표 3.3 주요 농기계의 주행속도

농업용기계명	주행속도 km/h	비 고
경 운 기( 5ps미만)	5 ~ 15	대형특수자동차의 최고속도 : 50km/h
경 운 기( 5ps이상)	11 ~ 15	소형특수자동차의 최고속도 : 15km/h
뒤채움트랙터(30ps미만)	12 ~ 15	
뒤채움트랙터(30ps이상)	22 ~ 31	
콤 바 인	2 ~ 8	

### 3.9 선형

농도의 선형은 지역의 토지이용과의 조화를 고려하는 동시에 선형의 연속성 및 평면, 종단, 양선형과의 조화를 꾀하고 시공 및 유지관리, 경제성, 농수산업 생산활동, 교통운용상의 득실을 검토하여 결정한다.

선형(Alignment)이란 농도의 중심선이 입체적으로 그리는 선의 형상을 말하며 이 중 평면적으로 본 중심선의 형상을 평면선형, 종단적으로 본 중심선의 형상을 종단선형이라 한다. 평면선형은 직선, 원곡선, 완화곡선 등으로 구성되며 종단선형은 직선 및 종단곡선으로 구성된다. 농도의 선형을 구성하고 있는 이들 요소를 선형요소라 한다.

## 1. 기간농도 및 간선농도

### 가. 선형계획상 유의사항

농도의 선형은 안전하고 원활한 교통을 확보하기 위하여 중요한 역할을 한다. 극단적인 곡선이나 부적절한 곡선의 종합은 사고를 유발하거나 교통용량을 저하시키고, 시간이나 주행경비의 면에서 경제적 손실을 가져오며 시각적인 미나 연도의 경관과 부조화를 일으키고, 건설비의 부당한 증가를 가져온다. 이와 같은 사태를 피하기 위하여 선형계획상 유의할 사항은 다음과 같다.

- ① 지형 및 지역의 토지이용과의 조화
- ② 선형의 연속성
- ③ 평면선형, 종단선형 및 횡단구성과의 조화
- ④ 선형의 시각적 검토
- ⑤ 교통운용상의 안전성과 경제성검사
- ⑥ 시공상의 검토
- ⑦ 지질, 지형, 지물 등의 제약
- ⑧ 건설비 및 유지관리비 등의 경제성검토
- ⑨ 노면배수의 지체, 제거에 대한 검토

이들 모든 사항은 서로 관련성이 있기 때문에 각각 분리하여 생각할 수 없으므로 선형의 선정에서는 평면, 종단의 양선형을 종합해서 검토한다.

### 나. 구체적인 유의사항

#### 1) 농도의 선형

주어진 자연조건 및 사회조건을 조화시켜 이용효율과 안전성을 높일 수 있어야 한다.

#### 2) 선형의 연속성

긴 직선부의 종단에 작은 곡선부를 만들어서는 안 된다. 또 큰 반경의 곡선부에서 작은 곡선부로 급격히 변화되는 선형도 피해야 한다. 원곡선에서 직선으로 옮겨가는 경우에는 곡선반경이 유한값에서 급격하게 무한대로 비약하므로 이 사이에서 선형의 연속성을 유지함에는 양자를 연결하는 완화곡선을 넣는 것이 좋다.

#### 3) 농도의 유지 및 부대시설과의 관련

도로옆에 절토 비탈면이나 가로수 등이 없는 경우에는 운전자가 선형에 따라서 주행함에 곤란을 느끼는 수가 있다. 높은 성토구간에서는 노면 밖으로의 전락 등 큰 사고를 일으킬 위험이 있으므로 이와 같은 장소에 곡선을 만들 때에는 큰 반경의 곡선으로 하는 동시에 적절한 시선유도, 방호울타리, 가로수 등을 고려해야 한다.

#### 4) 평면곡선 상호간의 조화

복합곡선을 만드는 경우에는 충분한 검토를 해야 한다. 특히 반경이 작은 곡선부에서는 가능한 한 복합곡선을 피한다. 부득이 이를 만들어야 할 경우에는 인접하는 2개의 곡선반경이 크게 다르지 않도록 하고 지향곡선의 사용도 충분히 검토해야 한다. 급격한 지향곡선부분에서는 잘못 운전할 염려가 있으므로 지향하는 2개의 곡선간 거리는 조건이 허용하는 한 띄워서 그 사이에 완화곡선을 넣는다.

#### 5) 종단선형의 조합

농도가 기복이 있는 구릉지를 횡단할 경우 종단선형을 현 지형에 맞추면 상하의 종단선형이 연속적으로 자주 반복됨으로 인해 종단면으로 볼 때 ㅼ부(凹部)가 보이지 않고, ㅽ부(凸部)만이 연속적으로 보이는 선형이 되어 예기치 않은 사고원인이 되므로 이와 같은 선형은 피해야 한다. 또 같은 방법으로 변곡하는 2개의 종단곡선을 짧은 직선으로 연결하는 것은 피해야 한다.

#### 6) 교차점 전후의 선형

평면교차의 전후에서는 평면곡선 및 종단기울기를 가능한 한 완만하게 한다. 이는 교차점에서의 가시거리확보 및 보전성의 보장을 위해 필요하다.

## 2. 지선농도 및 경작도 계획상의 유의사항

- ① 지선농도의 선형은 경지구획에 따라 좌우되는 면이 많기 때문에 차량의 종류, 사용빈도, 붕괴되어 함몰된 땅, 건설비, 유지관리비, 장래의 확폭여유 등을 고려하여 경제적으로 될 수 있게 한다.
- ② 주요교통기종의 통행가부가 농도이용의 가치를 크게 좌우하므로 차량의 종류, 크기, 회전반경 등을 검토하여 이에 알맞은 선형으로 한다.
- ③ 농도는 농기계의 조정, 선회 등 경지의 연장으로 이용될 수 있게 계획해야 한다.
- ④ 농도의 교차부에는 차량의 주행을 용이하게 하기 위하여 귀붙이기를 하는 것이 좋다. 단, 경지정리에서 귀붙이기를 하면 경구가 반듯한 직사각형이 되지 않으므로 가능한 한 최소한에 그치도록 한다.
- ⑤ 논으로 들어가는 길(진입로)은 각 경구에 1개소를 표준으로 하고, 지선농도 옆의 소용수로를 넘어서 기계가 경지에 자유로이 출입할 수 있는 폭과 종단기울기로 한다.
- ⑥ 밭, 과수원지역에서 농도와 경지와의 연속성이 단절되는 경우에는 진입로를 만들어야 한다.



### 3.9.1 평면선형

차도의 굴곡부는 곡선형으로 한다. 곡선형은 교통차량이 안전하고 쾌적하게 주행할 수 있도록 곡선반경, 곡선길이, 곡선부의 확폭, 완화구간, 편기울기, 시거 등을 종합적으로 검토하여 결정한다.

일반적으로 농도의 선형은 교통차량이 안전하게 주행할 수 있도록 하는 동시에 쾌적성을 고려해야 한다. 따라서 굴절상의 차도가 되지 않도록 굴곡부에는 곡선형으로 만들어야 한다. 곡선형에 관한 규정에는 다음과 같은 것이 있으나 이들은 단독으로 결정되는 것이 아니고 종합적으로 검토되어야 한다.

#### 가. 곡선반경

1) 차도의 곡선부중 완화구간이외의 부분(이하 「곡선부」라 한다)의 중심선의 곡선반경(이하 「곡선반경」이라 한다)은 그 농도의 설계속도에 따라 표3.4의 최소곡선반경의 값 이상으로 한다.

표 3.4 최소곡선반경

설계속도(km/h)	최소곡선반경(m)
70	200
60	140
50	90
40	60
30	30
20	15

자료) 농어촌도로의 구조·시설기준표에 관한 규칙 해설 및 지침(행정자치부)에 의함.

표 3.5 자동차의 최대차량제원(설계기준차량)

단위:m

명 칭	제 원							
	길이	폭	높이	축거	앞내민 길 이	뒷내민 길 이	최소회전 반 경	비고
소형자동차	4.7	1.7	2.0	2.7	0.8	1.2	6.0	
중·대형자동차	13.0	2.5	4.0	6.5	2.5	4.0	12.0	
세미트레일러	16.7	2.5	4.0	전축거4.2 후축거9.0	1.3	2.2	12.0	
경자동차	3.0	1.4	2.0					
		1.3						
소형특수자동차	4.7	1.7	2.0					
자전거	1.7	1.0	2.25					

주) 위 표에서 사용하는 용어는 다음과 같다.

1. 축거 ; 앞바퀴축의 중심으로부터 뒷바퀴축의 중심까지의 거리
2. 앞내민길이 ; 차량의 전면으로부터 앞바퀴축의 중심까지의 거리
3. 뒷내민길이 ; 뒷바퀴축의 중심으로부터 차량의 후면까지의 거리

최소곡선반경의 규정치는 안전 및 쾌적성을 확보하기 위한 필요한 최소값이며 지형의 상황, 기타 특별한 제약이 없으면 선형의 균형을 고려하여 이 값 이상의 곡선반경으로 계획해야 한다.

또, 이 최소곡선반경은 차도의 각 차선의 중심에 적용됨으로 선형설계를 차도중심선으로 할 경우에는 각 차선과 차도중심선의 관계를 고려해야 한다.

2) 교통량이 적은 지선농도나 경작도에서 지형상황, 기타 부득이한 경우에는 농기계 등의 최소회전반경을 고려하여 곡선반경을 결정해도 좋다.

3) 동절기에 굴곡부 주행시의 안전성을 검토하기 위한 자동차의 주행속도는 설계속도에서 한 단계 낮춘 것으로 생각하면 동표의 최소곡선반경으로도 안전상에는 문제가 되지 않으나 발진이나 제동을 걸었을 때 슬립(Slip)이 문제된다. 따라서 편기울기는 될 수 있는 한 작게 해야 한다.

#### 나. 곡선의 길이

차량이 농도의 곡선부를 주행할 경우 곡선부의 길이가 짧으면 핸들 조작이 어렵게 되거나 도로교각(交角)이 작으면 운전자에게는 곡선길이가 실제보다 짧게 보이고, 또한 곡선반경도 작게 보이기 쉬우므로 속도저하를 가져오게 된다. 따라서 이와 같은

문제가 생기지 않는 곡선길이를 해야 한다. 종래의 경험에 의하면 곡선부를 핸들조작에 곤란을 느끼지 않고 주행할 수 있게 하기 위해서는 적어도 통과시간 약 6초의 곡선길이를 하였으나 4초간 곡선길이라도 무리가 없는 것으로 알려지고 있다.

이와 같은 사실에 비추어 기간농도, 간선농도, 교통량이 많은 지선농도에서의 차도의 곡선부의 중심선길이(곡선부에 접하는 완화구간이 곡선형인 경우에는 그 완화구간의 길이를 더한 길이(그림3.3참조))는 설계속도에 따라 표3.6의 곡선길이 이상으로 한다.

교통량이 적은 지선농도, 경작도에서는 차량의 주행정보다는 농작업상의 이용 및 이에 수반한 노선배치가 중요하기 때문에 곡선길이는 농도의 입지조건에 따라 고려해야 한다.

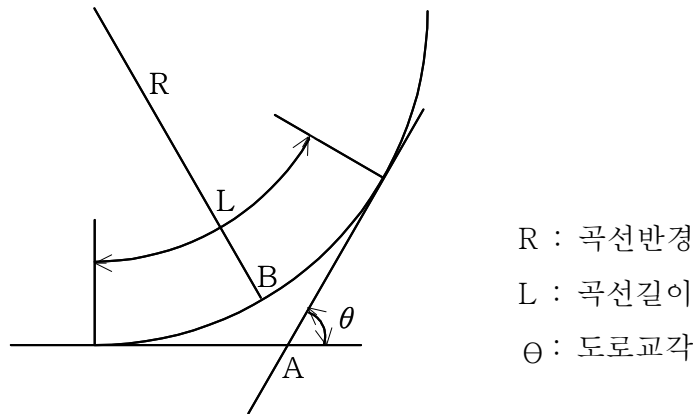


그림 3.3 곡선길이

표 3.6 곡선의 길이

설계 속도 (km/h)	곡선의 길이		비고
	$\theta < 5^\circ$	$\theta \geq 5^\circ$	
70	$400/\theta$	80	$\theta$ : 도로교각의 값( $\theta$ 으로 $2^\circ$ 미만인 경우에는 $2^\circ$ 로 한다.)
60	$350/\theta$	70	
50	$300/\theta$	60	
40	$250/\theta$	50	
30	$200/\theta$	40	
20	$150/\theta$	30	

자료) 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해석 및 지침(행정자치부)에 의함.

#### 다. 곡선부의 확폭

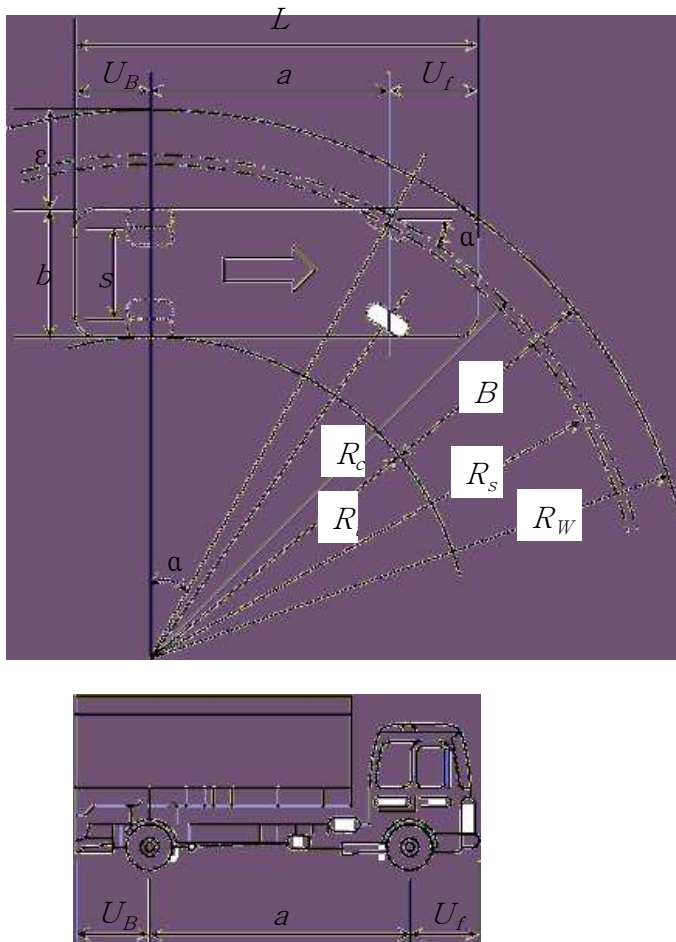
차량이 곡선부를 주행할 경우에는 앞바퀴와 뒷바퀴는 서로 다른 궤적을 그린다. (그림 3.4 참조). 따라서 곡선부에서 전후바퀴가 차로를 벗어나지 않기 위해서는 직선

부의 폭보다도 넓은 차선(차도)폭을 필요로 한다.

이 경우 곡선반경에 따라서 1차선(차선구분이 없는 농도에 대해서는 차도)에 대하여 각각 표 3.7의 확폭량의 값만큼 확대한다. 단, 지형의 상황, 기타 특별한 이유로 인하여 부득이한 경우에는 이에 따르지 않아도 된다. 특히 지선농도에서 교통량이 적고, 설계속도가 낮은 경우에는 전폭과 교통기종을 검토하여 안전한 통행에 지장이 없다고 생각될 경우에는 확폭량을 줄일 수 있다. 또 급한 기울기에서의 곡선부의 확폭은 안전상 중요한 요소가 되므로 충분히 검토해야 한다.

확폭은 원칙적으로 차선내측(안쪽)의 매 차선마다 가산해야 한다.

또, 확폭을 하는 경우에는 완화구간의 설치여부에 관계없이 점진확대구간을 붙인다.



- $B$  : 차의 주행폭
- $R_c$  : 차선중심선의 반경
- $L$  : 차량의 길이
- $b$  : 차량의 폭
- $s$  : 바퀴의 간격
- $a$  : 축간거리
- $\varepsilon$  : 확폭량
- $R_w$  : 외측곡선반경
- $R_s$  : 외측앞바퀴의 회전반경
- $R_t$  : 외측 곡선반경
- $\alpha$  : 외측앞바퀴의 전향각도
- $U_f$  : 앞내민 길이
- $U_B$  : 뒷내민 길이

그림 3.4 확폭량(보통자동차의 경우)

표 3.7 곡선부의 확폭량

곡선반경(m)	1차선당 확폭량(m)
100이상 200미만	0.25
55이상 100미만	0.50
40이상 55미만	0.75
30이상 40미만	1.00
25이상 30미만	1.25
20이상 25미만	1.50
18이상 20미만	1.75
15이상 18미만	2.00

자료) 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침(행정자치부)에 의함.

주) 농로중심부(또는 차도중심부)의 반경이 35m이상인 경우에는 원칙적으로 도로중심선에 의해서 차선의 확폭량을 구하는 것으로 한다. 도로중심선의 반경이 35m미만의 경우로 특히 차선수가 많은 때에는 도로중심선에 의해서 구한 확폭량이 각각의 차선에 필요한 확폭량과 크게 다를 경우가 있으므로 차선마다 확폭량을 구하는 것으로 한다.

### 라. 완화구간

교통량이 적은 지선농도, 경작도이하의 농도의 굴곡부에는 완화구간을 설치해야 한다(그림 3.5 참조). 완화구간에서는 확폭, 편기울기의 점변확대구간을 붙인다. 완화곡선의 길이는 직선과 원곡선을 연결하는 경우에는 그 농도의 설계속도에 따라 표3.8의 값 이상으로 하나 특별한 이유로 인해 부득이한 경우에는 그러하지 않는다. 또 농도의 곡선반경이 표 3.9의 값 이상일 때에는 완화구간을 설치하지 않아도 된다.

완화곡선은 직선과 원곡선의 사이, 또는 2개의 원곡선 사이에 삽입되는 것으로 삼차포물선, 렘니스케이드(Lemniscate), 클로소이드(Clothoide)등이 있으나 이론적으로 실제의 완화주행궤적에 근사한 클로소이드 곡선을 사용하는 것이 좋다. 또 클로소이드곡선은 계산표가 있으므로 다른 것에 비하여 사용하기 쉽다(그림 3.6 참조).

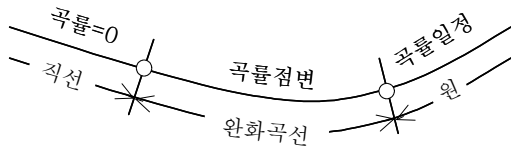


그림 3.5 선형의 3요소

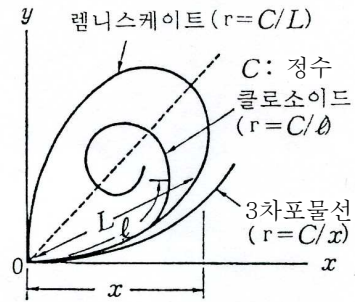


그림 3.6 완화곡선

표 3.8 완화곡선의 길이

설계속도(km/h)	완화구간의 최소길이(m)
70	40
60	35
50	30
40	25
30	20
20	15

표 3.9 한계곡선반경(완화구간을 설치하지 않아도 될 경우)

설계속도(km/h)	바람직한 한계 곡선반경 (일반값)(m)
70	1,000
60	800
50	600
40	400
30	200
20	100

### 마. 곡선부의 편기울기

기간농도, 간선농도, 교통량이 많은 지선농도의 차도 및 차도에 접속하는 길어깨의 곡선부에는 안정된 주행성을 확보하기 위하여 편기울기를 붙인다. 편기울기는 그 지역의 적설한냉의 정도에 따라 표3.10의 값 이하로 하고 당해 곡선부의 곡선반경값 및 설계속도에 따라 표3.11의 편기울기를 붙이는 것이 좋다. 단, 직선부의 횡단기울기

및 설계속도에 따른 곡선반경이 표3.12의 값 이상인 경우에는 편기울기를 붙이지 않아도 된다.

표 3.10 곡선부의 최대편기울기

구 분	최대편기울기(%)
적 설 한 냉 지 역	6
기 타 지 역	8

표 3.11 설계속도 및 곡선반경에 따른 편기울기

설계속도 (km/h)	60	50	40	30	20
편기울기(%)					
6	270이상 330미만	200이상 240미만	130이상 160미만	60이상 80미만	30이상 40미만
5	330 " 420 "	240 " 310 "	160 " 210 "	80 " 110 "	40 " 50 "
4	420 " 560 "	310 " 410 "	210 " 280 "	110 " 150 "	50 " 70 "
3	560 " 800 "	410 " 590 "	280 " 400 "	150 " 220 "	70 " 100 "
2	800 " 2000 "	590 " 1300 "	400 " 800 "	220 " 500 "	100 " 200 "

표 3.12 편기울기가 필요 없는 한계최소곡선반경(m)

직선부의 횡단기울기 (%)	설계속도(km/h)					
	70	60	50	40	30	20
2.0	2,572	1,889	1,312	839	472	210
1.5	1,929	1,417	984	630	354	154

주) 자갈도 등으로 횡단기울기가 3~6% 정도인 경우에는 별도로 검토를 요한다.

또 교통량이 적은 지선농도 및 경작도는 주행성보다 경지에의 손쉬운 진입과 농작업장소로의 이용성이 중요하기 때문에 이와 같은 장소에는 편기울기를 붙이지 않아도 된다.

또한 편기울기를 붙이는 경우, 또 편기울기의 값을 변화시킬 경우에는 점변확대 구간을 둔다.

### 바. 편기울기, 확폭 등의 붙임

편기울기를 붙이는 경우 또는 편기울기의 값이 변화하는 경우 및 곡선부를 확폭할 경우에는 완화구간내에서 붙이기를 해야 한다.

편기울기 붙이기의 길이는 차도 끝에 연하여 붙이기의 비율이 표 3.13의 값이하가 될 수 있는 길이로 해야 한다.

표 3.13 편기울기 붙이기의 비율

설 계 속 도 (km/h)	편기울기 붙이기의 비율
70	1/150
60	1/125
50	1/115
40	1/100
30	1/ 75
20	1/ 50

### 사. 시 거

시거에는 정지시거와 앞지르기시거의 2종류가 있다.

1) 정지시거는 설계속도에 따른 주행속도로 주행하여 오는 차가 차선의 중심선상 1.0m의 높이에서 그 차선의 중심선상에 있는 높이 15cm의 물체 정점을 볼 수 있는 거리를 그 차선의 중심선에 따라 측정한 길이로 표시한다.

2) 앞지르기시거는 대향차선상에서 안전하게 앞지르기함에 필요한 시거를 말한다(앞지르기를 하기 위하여 필요한 차도의 중심선상 1.0m의 높이에서 차도의 중심선상에 있는 높이 1.2m의 물체의 정점을 볼 수 있는 거리를 차도의 중심선상에 연해서 측정한 길이). 이 경우 실제 주행상의 필요성과 경제상의 이유로 대향차선상에서 앞지르기 당한 차의 후단에 도달한 곳을 앞지르기동작의 개시점으로 하여 앞지르기가 완료될 때까지 주행하는 거리(최소앞지르기시거)가 검토대상이 된다.

시거확보는 주행상의 안전 또는 쾌적한 운전을 위하여 중요하고, 농도의 설계속도 및 차선수에 따라 표 3.14의 값 이상으로 한다. 앞지르기 시거는 계획노선의 전 길이에 대하여 고려할 필요는 없으며 시거의 최소치는 정지시거에서 결정된다. 정지시거는 1차선에서는 교차할 여유가 없으므로 그 차선의 2배의 길이가 필요하다(이 경우 시거를 취하는 방법은 대향하는 차가 확인되면 만족하기 때문에 대상물의 높이는 농도 중심선상 1.2m로 한다). 그러나 교통량이 적은 지선농도나 경작도의 시거는 지형, 경지의 구획형상 등에서 부득이한 경우가 있으므로 교통안전시설을 고려하여 표3.14에 표시한 값 이하일 수도 있다. 또 평면 및 종단시거의 확보방법은 그림 3.7 및 그림 3.8과 같다.



표 3.14 정지시거와 최소앞지르기시거

설계속도 (km/h)	정지시거(m)		최소앞지르기시거(m)
	1차선의 경우	2차선의 경우	
70	-	110	320
60	-	85	251
50	-	65	197
40	80	45	151
30	60	30	109
20	40	20	71

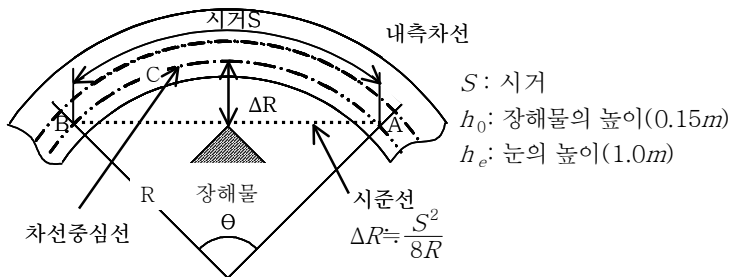


그림 3.7 평면시거의 확보

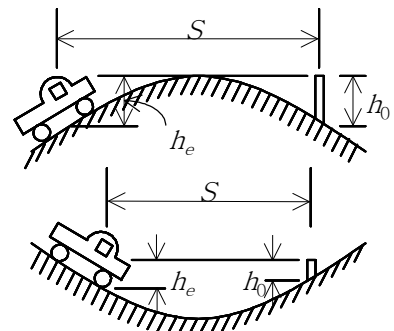


그림 3.8 종단시거의 확보

### 3.9.2 종단선형

차도의 종단선형은 교통차량의 주행속도의 저하, 오르막능력, 시거 등을 감안하여 교통의 혼란, 안전성의 저하가 발생되지 않도록 한다. 그 결정에서는 종단기울기, 종단곡선을 종합적으로 검토한다.

#### 가. 종단기울기

농도와 같은 설계속도구간에서는 동일주행상태가 유지될 수 있게 계획하는 것이 기본이다. 선형관계의 다른 요소는 기본적으로 설계속도에 따라 일정한 값이 정해지므로 설계속도에 의한 주행이 보장되지만, 이 종단기울기에 대해서는 차량의 능력차가 크게 작용하기 때문에 모든 차량에 대해서 설계속도를 확보할 수 있는 기준을 만드는 것은 경제적인 관점에서 합리적이라 할 수 없다. 따라서 종단기울기의 기준값은 어느 정도 속도저하를 허용하는 값으로 조정해야 한다. 속도저하를 어느 정도로 하느냐 하는 것은 저속차가 교통에 미치는 영향이 적게 되도록 한다.

오르막에 대해서는 최근 자동차의 오르막 성능이 현저하게 향상되어 뒤채움차에

서는 기울기의 영향을 크게 받는 일이 적어졌으나 잉여마력이 적은 트럭은 주행속도의 저하가 심할 수 있다. 또 트랙터, 콤팩트 등 농기계는 오르막 능력은 크나 저속이기 때문에 일반교통에 지장을 끼치는 경우가 있다. 고속차와 저속차와의 속도차가 증가함에 따라 앞지르기가 많아지고, 교통상의 지장이 될 뿐 아니라 사고의 원인이 된다. 특히 일반교통이 비교적 많은 기간농도나 간선농도를 농기계가 주행하는 것은 중단기울기에 관계없이 일반차량의 소통에 지장이 되므로 용지가 확보되면 차선을 따로 하는 것도 고려해야 한다.

또 중단기울기가 내리막일 경우에는 차량의 물리적 특성에 의한 영향보다는 운전자의 심리특성에 의한 영향이 더 커서 속도가 오히려 저하된다. 내리막일 경우의 각각의 기울기에 의한 속도저하의 비율은 운전자의 성질 및 차량의 제동능력에 따라 큰 차가 생긴다. 따라서 내리막조건에 의하여 기준을 정하는 것은 곤란하지만 하중이 큰 농기계에서는 오르막일 때보다 오히려 내리막일 때가 안전상 기울기를 완화함을 요하며 지형, 경지의 구획형상 등을 고려하여 가능한 한 완만한 기울기로 하는 것이 바람직하다.

### 1) 기간농도

중단기울기의 일반값은 승용차에 대해서는 거의 평균주행속도로 올라갈 수 있게, 또 보통트럭에 대해서는 거의 설계속도의 1/2의 속도가 확보될 수 있도록 정한다. 이 경우 중단기울기의 길이에 제한이 없으며 중단기울기는 그 농도의 설계속도에 따라 표 3.15의 값 이하로 한다. 단 지형, 기타 특별한 이유로 인하여 부득이한 경우에는 표 3.15의 부득이한 경우를 적용하고, 표 3.16의 제한길이를 초과하지 않도록 한다.

표 3.15 중단기울기

설 계 속 도 (km/h)	중 단 기 울 기 (%)	
	표 준	부득이한 경우
70	4	7
60	5	8
50	6	9
40	7	11
30	8	13
20	10	14

자료)농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침(행정자치부)에 의함

표 3.16 종단기울기와 제한길이

설계속도(km/h)	종 단 기 울 기 (%)	제 한 길 이 (m)
70	5	550
	6	450
60	6	550
	7	400
50	7	450
	8	400
	9	350
40	8	550
	9	400

제한길이의 값은 내리막기울기 구간에 접속해 있는 경우의 값이며, 그림 3.9와 같이 기울기가 다른 오르막기울기 구간을 접속하거나 오르막기울기의 중간에 평탄구간을 접속시킨 경우에는 주행성능과의 관계를 충분히 검토한다.

적설지의 언덕길에서 종단기울기가 크면 동절기 적설시에 발진이 불가능하게 되거나 내리막일 때에 슬립프가 생겨 사고의 원인이 되는 수가 있다. 따라서 적설지에서의 종단 기울기는 8%이하로 하는 것이 바람직하다.

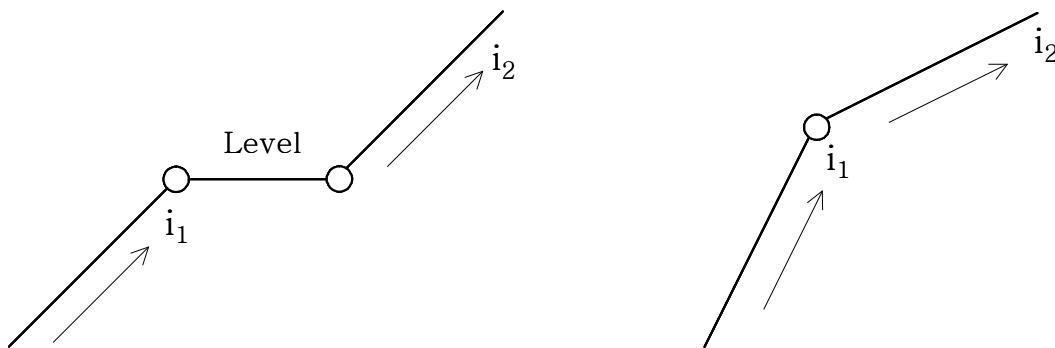


그림 3.9 종단기울기가 다른 오르막구간의 경우

## 2) 경지내 농도

### 가) 논지역

간선농도의 종단기울기는 일반적인 경우 8%, 특별한 경우 14%를 한도로 한다. 8%이상의 종단기울기에 대해서는 100m를 한도로 하는 제한길이를 두어 이에 접속해서 기울기 2.5%이내, 길이 30m이상의 구간을 설치할 필요가 있다. 경구단변에 접하는 세로지선농도는 구획의 배치 및 고차 등에 따라 종단기울기를 주어 농도에서 경구에

의 출입을 용이하게 해야 한다. 이 경우 각 경구로의 진입로의 구조도 함께 검토해야 한다.

#### 나) 밭, 과수원지역

간선농도의 종단기울기는 원칙적으로 14%를 한도로 한다. 지선농도도 이에 준하나 지형상 부득이한 경우에는 농도를 통행하는 차량의 종류, 오르막능력, 제동능력, 노면의 유지, 영농형태, 경작지에의 출입 등을 고려하여 20%이내의 범위로 정할 수도 있다. 이 경우 평면곡선의 반경은 가능한 한 긴 경우로 하고, 필요에 따라서 미끄럼 방지시설이나 노선밖으로의 이탈을 방지하는 방호울타리 등의 설치, 급기울기의 표식을 설치해야 한다. 또 전후의 노면기울기나 평면곡선의 정도, 통행하는 차량, 교통량, 경작지로의 진입등을 고려해서 제한길이는 100m 이내로 해서 가능한 한 짧게 하는 것이 좋다.

진입로는 지형상 부득이한 경우에 설치하되 원칙적으로 농기계가 농도에서 밭으로의 진입은 임의장소에서 할 수 있게 한다.

### 나. 종단곡선

농도의 종단기울기가 변이되는 곳에서는 차량주행시에 받는 충격의 완화 및 시거확보를 위하여 종단곡선을 삽입해야 한다. 종단곡선은 평면곡선과 적당히 조합하여 배수문제를 해결하고 안전성과 쾌적성을 증가시키도록 한다.

#### 1) 종단곡선반경

종단곡선반경은 그 농도의 설계속도 및 종단곡선의 곡선형에 따라 표 3.17의 값 이상으로 한다. 단, 특별한 이유로 부득이한 경우에는 이 값을 축소할 수 있다.

표 3.17 종단곡선

설계속도 (km/h)	종단곡선의 곡 선 형	최소종단곡선 변화비율(m/%)	종단곡선의 최소길이(m)
70	볼 록 곡 선	30	60
	오 목 곡 선	25	
60	볼 록 곡 선	20	50
	오 목 곡 선	20	
50	볼 록 곡 선	10	40
	오 목 곡 선	12	
40	볼 록 곡 선	5	35
	오 목 곡 선	7	
30	볼 록 곡 선	3	25
	오 목 곡 선	4	
20	볼 록 곡 선	1	20
	오 목 곡 선	2	

자료) 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침(행정자치부)에 의함.

종단 곡선반경의 값은 자동차가 종단기울기의 변이장소를 주행할 때 충격완화와 시거확보 때문에 필요로 하는 최소반경의 계산값을 그대로 나타낸 것이다.

## 2) 종단곡선의 길이

종단곡선의 길이는 농도의 설계속도에 따라 표 3.17의 종단곡선의 최소길이 란의 값 이상으로 한다.

### 다. 평면선형과 종단선형의 조합

평면선형과 종단선형의 조합은 자동차의 운동역학적 요구뿐만 아니라 운전자의 시각적, 심리적 요구를 충분히 고려하여 설계시에는 다음사항에 유의하지 않으면 안 된다.

- ① 선형의 시각적 연속성을 확보할 것.
- ② 선형의 시각적, 심리적 균형을 확보할 것.
- ③ 노면의 배수 및 자동차가 운동역학적 요구에서 적합한 기울기가 취해질 수 있는 조합을 택할 것.
- ④ 도로환경과의 균형을 고려할 것.

### 3.9.3 교차

교차점 부근의 계획에서는 계획교통량, 교통기종, 교통제어 및 교통방법을 적절하게 정하여 구조를 결정해야 한다.

#### 가. 일반사항

도로의 교차에는 도로와 철도와의 교차와 도로상호간에 교차하는 경우가 있고, 교차의 형태는 평면교차와 입체교차로 대별된다.

농도의 교차를 평면교차 또는 입체교차로 할 것인가는 교차하는 도로상호간의 교통량의 관계가 신호교차점의 교통량에서 산정하여 신호에 의하여 처리할 수 있는 범위를 초과하는지의 여부에 따라 판단하고, 입체교차로 할 경우에는 단지 그 장소뿐만 아니라 노선전체의 영향에 대해서도 충분히 고려할 필요가 있다.

#### 나. 평면교차

평면교차의 계획은 도로망에서 교차점의 역할과 관련하여 다른 평면교차 및 단로(單路)부의 모든 조건과의 균형을 고려해서 계획해야 한다.

##### 1) 교통제어와 교통방법

농도가 평면교차하는 도로에는 농도 뿐 아니라 일반도로가 있다. 일반도로와 교차할 경우에는 그 구조에 대해서 도로관리자 및 필요에 따라서 관계기관과 협의하여 「농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」에 준해야 하나 농도 상호간의 경우에는 서로 교차하는 농도의 교통량 및 교차점 부근의 가시상황을 고려하여 신호제어, 일시정지제어, 양보 또는 비교통제어 등 어느 방법으로 할 것인가를 검토한다.

경지내농도는 교통량이 적고, 교차점부근의 시계가 양호한 경우가 많다는 점과 간선농도와 지선농도의 교차점은 주도로, 종속도로가 명확하다는 점 등에 비추어 일반적으로 교통제어를 하지 않아도 된다. 이밖에 농도의 교차점에서는 비교통제어방법 이외에 신호에 의한 제어나 교통량이 적은 쪽을 일시정지 또는 양보, 제어하는 방법 등을 고려한다. 단, 이들의 설치운용은 사전에 관계기관과 협의, 조정함을 요한다.

교차점에서 좌우굴곡시의 차량교통방법에는 차도전폭사용, 차도의 우측사용 등 몇 가지 방법이 예상되나 교차하는 농도의 종류, 교통기종 및 교통제어방법을 고려하여 정한다.

##### 2) 설계속도

교차점부근의 설계속도는 주통과 교통에 대해서는 원칙적으로 단일노선부(단로부)의 설계속도와 같게 한다. 단, 일시정지되는 교통(종속도로측)에서는 단로부 설계속

도에서 정지할 때까지의 속도변화를 고려하여 정지선위치에서의 거리에 따라 변하는 (속도기울기가 갖는)설계속도를 사용할 수 있다.

### 3) 평면교차점의 형상 및 간격

평면교차점에서의 형상, 교차로수, 교차각, 간격 등 평면교차의 기본적인 형태를 규정하는 요소는 계획단계에서 결정되고, 그 형태가 교차의 안전성, 원활성 등에 결정적인 영향을 끼친다.

계획단계에서의 결함은 설계 또는 개량단계에서 근본적으로 수정하는 것은 어려우므로 교통처리능력의 저하나 교통사고의 발생을 초래하지 않도록 다음 사항을 충분히 고려해야 한다.

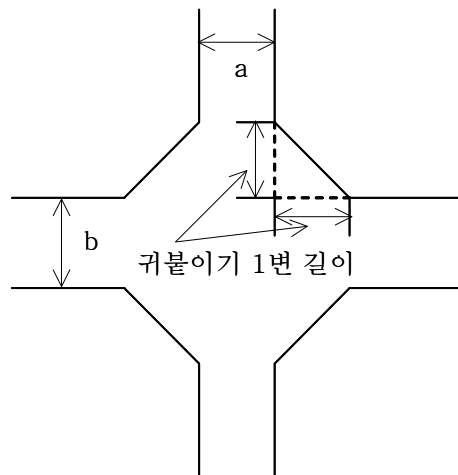
#### 가) 교차점, 교차각 및 형상

농도는 원칙적으로 동일장소, 동일평면에서 4갈래 이하로 교차시켜야 한다. 농도가 동일평면에서 교차하고 접속할 경우에는 필요에 따라 회전차선, 변속차선, 교통섬 등을 설치하고 귀붙이기를 하며 시야가 적당한 구조가 되도록 한다. 교차점에서의 주교통은 가능한 한 직선에 가까운 선형으로 하고, 또 주교통의 한쪽에 2개 이상의 노선이 교차하지 않도록 한다. 원칙적으로 교차각은 직각에 가깝게 한다.

교차부의 귀붙이기는 교차점개량의 한 방법이고, 붙이기는 농도의 폭, 교통기종, 교통방법, 교통량, 교차각, 용지 등을 고려해서 결정한다. 교차각이 직각에 가까울 때의 붙이기의 일변의 길이는 표 3.18의 값을 표준으로 하고, 교차각이 90° 보다 적은 경우나 큰 경우, 기타 특별한 경우에는 주위의 상황 등을 고려해서 곡선으로 하는 것도 검토한다.

표 3.18 귀붙이기의 1변 길이(m)

교차하는 농도의 차선평폭(m)		a		
		3	4	5
b	3	3.0	2.5	2.0
	4	2.5	2.0	2.0
	5	2.0	2.0	2.0



주) a, b는 그림 3.10에 의함.

그림 3.10 농도의 귀붙이기

## 나) 교차점의 간격

교차점의 간격은 교통처리상 될 수 있는 한 크게 취함이 바람직하나 교차점의 설치밀도는 농도망 형태, 토지이용상황 등에 따라 어느 정도 정해진다. 예컨대 경지내 농도는 그 성격과 기능으로 보아 교차점의 밀도가 높아 질 수밖에 없다. 그러나 기간 농도는 농수산업유통 등 교통특성을 고려하여 타당한 설치밀도로 한다.

## 4) 교차점의 시인거리

평면교차부는 차량이 평면교차점을 안전하고도 용이하게 통과할 수 있도록 교차점의 앞 상당거리로부터 교차점의 존재, 신호, 안전표지(경계표지, 규제표지 등)가 명확하게 시인되는 구조로 해야 한다.

일시정지표지로 제어되는 교차점 또는 신호로 제어되는 교차점에서는 일시정지표지 및 신호의 시인거리는 그 농도의 설계속도에 따라 표 3.19의 값 이상으로 한다. 또 이들 시인거리를 도저히 취할 수 없는 경우에는 경계표지로 이를 보완하도록 한다. 또한 비교통제어교차점에서는 짧더라도 정지시거가 확보되도록 한다.

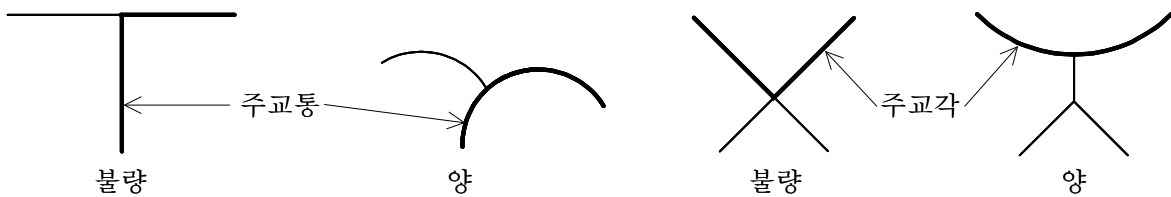
표 3.19 교차점의 시인거리

설 계 속 도 (km/h)		20	30	40	50	60	70
최소시인거리 (m)	일시정지제어	22	39	59	84	113	145
	신호제어	64	102	143	188	237	291

주)최소시인거리 : 운전자가 표지 또는 신호를 시인하여 정지하기까지의 최소거리

[참 고] 평면교차설치부의 형태

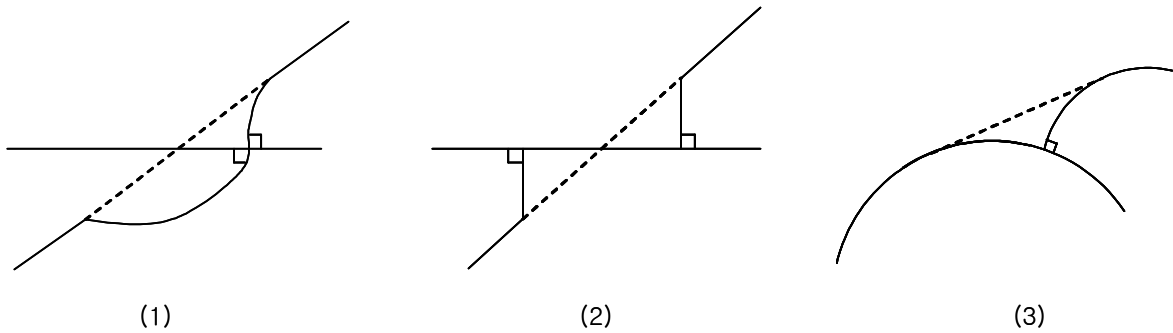
### ① 변칙교차를 피하는 방법





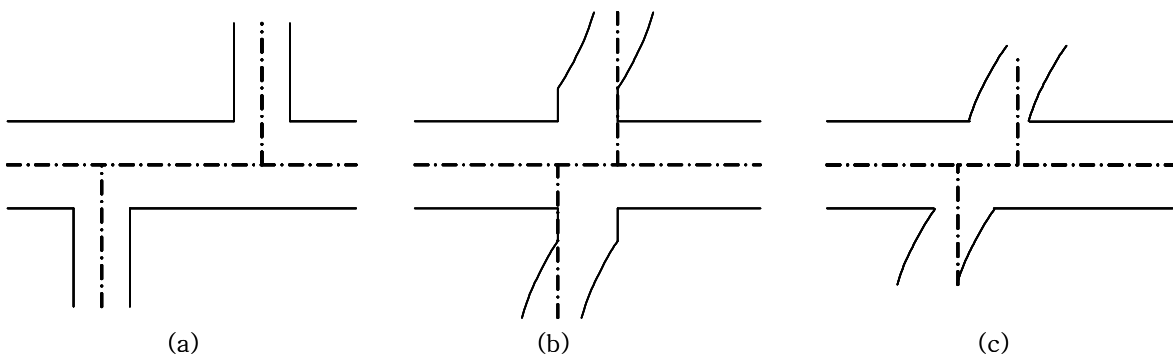
② 교차각의 수정방법

(과선표시 교차를 실선과 같이 수정하면 된다.)



③ 어긋난 교차의 수정방법

<(a)와 같은 경우에는 (b) 또는 (c)와 같이 수정하면 된다>



5) 종단선형

교차점 설치부 및 교차점 전후의 상당구간의 기울기는 될 수 있는 한 완만하게 한다. 또 완화곡선의 정부 또는 저부 부근에서는 교차점을 설치하지 않도록 하는 것이 바람직하다.

다. 입체교차

입체교차는 교차하는 교통상호간에 영향을 주지 않거나, 적게 함으로써 보다 원활한 교통을 확보하기 위하여 설치되는 시설로서 그 계획과 설계에서는 입체교차의 종류에 따라 구조상의 요소뿐 아니라 대상으로 하는 도로의 교통량 및 교통용량, 도로의 규모, 기능, 인접교차점과의 간격, 계획지점 주변의 지형 등에 비추어 연도의 조건, 토지이용상황, 환경조건 등 여러 가지 요소에 대하여 종합적으로 검토해야 한다.

입체교차의 계획에 있어서는 교각제어방식, 교통량과 교통용량의 관계, 대상으로 하는 교차점을 입체교차로 하였을 경우의 인접교차점에 대한 영향을 고려하여 전체적으로 효과적인 입체교차가 가능한지를 판단함과 동시에 입체교차구간에서 연도지역으로의 접근상의 제약 등 이해득실도 고려해야 한다.

또 구조형식 즉, 고가도로와 지하도로 중 어느 것을 채용할 것인가는 경제적인 관점에서 뿐만 아니라 연도의 토지이용상황과 환경보전상의 관점에서도 검토하여 선정하는 것이 중요하다.

## 라. 철도등과의 교차

농도가 철도와 교차할 경우 그 교차부의 구조는 양자의 수송기능 및 교통의 안전이 충분히 유지되도록 한다.

### 1) 철도등과의 평면교차

농도와 철도와는 입체교차로 하는 것이 바람직하나 다음과 같은 경우에는 평면교차로 해도 좋다.

- ① 농도의 교통량 또는 철도의 운행횟수가 아주 적은 경우
- ② 지형상 입체교차로 하는 것이 매우 곤란한 경우
- ③ 입체교차로 함으로서 철도 또는 농도의 효용이 큰 피해를 받을 경우
- ④ 당해교차가 일시적인 경우
- ⑤ 입체교차시설의 비용이 대단히 비경제적인 경우

평면교차로 하는 경우에는 다음 조건을 만족하도록 해야 한다.

- ① 교차각은 45°이상으로 한다.
- ② 건널목의 양측에서 각각 30m이내의 구간(건널목부분을 포함한다)은 직선으로 하고, 그 구간의 도로의 종단기울기는 2.5%이하로 한다. 다만, 자동차의 교통량이 적거나 지형상황 등으로 인하여 부득이한 경우에는 그러하지 아니한다.
- ③ 가시구간의 길이(철도건널목 전방 5m지점의 도로중심선상 1.0m높이에서 가장 멀리 떨어진 노선의 중심선을 볼 수 있는 곳까지의 길이를 노선방향으로 측정된 값을 말한다)는 건널목에서 철도 등의 차량의 최고속도에 따라 표 3.20의 값 이상으로 한다. 다만, 건널목 차단기, 기타 안전설비가 설치되는 부분이나 자동차 교통량과 철도 등의 운행횟수가 매우 적은 부분에 있어서는 그러하지 아니한다.
- ④ 건널목의 폭은 전후의 농도의 폭과 동일하게 하여야 한다. 또 건널목은 교통량이 많을 경우에는 반드시 보도를 설치해야 한다.

표 3.20 건널목에서의 가시구간 길이

건널목에서 철도 등의 차량 최고속도 (km/h)	가시구간의 최소길이 (m)
50 미 만	110
50이상 70미만	160
70이상 80미만	200
80이상 90미만	230
90이상 100미만	260
100이상 110미만	300
110이 상	350

자료) 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙해설 및 지침(행정자치부)에 의함.

## 2) 철도 등과의 입체교차

입체교차는 쌍방의 평면선형, 종단선형이 양호한 지점에서 교차하는 것이 바람직하며 건축한계, 시거, 배수, 방호시설, 연도의 이용 등에 주의하여야 한다.

건축한계는 「농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」 등에 의하며 그 외 공사중의 여유, 보수를 위한 여유, 제설을 위한 여유 등을 충분히 하여야 한다.

특히 농도가 지하도로일 경우의 농도 높이는 장래에도 소정의 건축한계가 확보되도록 포장의 덧씌우기(Overlay)등을 예측하여 설계하여야 한다.

입체교차부에서 고가도로, 지하도로의 농도에 종단곡선 또는 평면곡선을 넣을 경우에는 충분한 시거가 확보되도록 주의해야 한다.

농도의 종단곡선이 꺾형인 경우에는 특히 물이 고이지 않는 구조로 하여야 하지만 꺾형이 아니라도 고가도로로 하는 철도 등에서 배수가 노면에 집중적으로 떨어지지 않도록 배수설비를 고려해야 한다.

## 3.10 횡단면

농도의 횡단면은 차도, 길어깨 및 필요에 따라 설치되는 보도, 자전거도 등으로 구성된다. 이들의 노폭계획에서는 장래 교통수요에 따른 처리능력이 보장되고, 농수산업이용상의 특수성에 대응할 수 있는 폭으로 하는 동시에 보행자 및 자전거 통행이 많은 구간에 대해서는 이들에 대한 안전성을 고려한다.

농도의 횡단면계획을 수립할 때에는 다음 사항에 유의한다.

- 1) 계획노선의 장래 교통수요에 따른 교통처리능력을 갖추는 동시에 농도의 특수성에 비추어 농업기계의 통행, 농작업 등의 이용에 지장이 없도록 해야 한다.  
예컨대 기간농도와 같이 농수산물의 유통, 농수산업용 자재의 반입에 이용되는 농도는 대형차량의 통행이 비교적 많다는 점과 전체교통량이 크다는 점으로 미루어

- 폭을 크게 할 필요가 있다. 또 일반도로와 같이 쾌적성도 갖추고 있어야 한다.
- 2) 통학, 시장출입 등으로 보행자, 자전거의 통행이 많은 구간에는 특히 이들에 대한 안전성을 고려한다.
  - 3) 일반도로와 접속 또는 교차하는 경우의 설치방법과 접속부의 횡단면은 교통의 연속성, 안전성, 교통관리측면에서 도로관리자나 관계기관과 협의하여 결정한다.

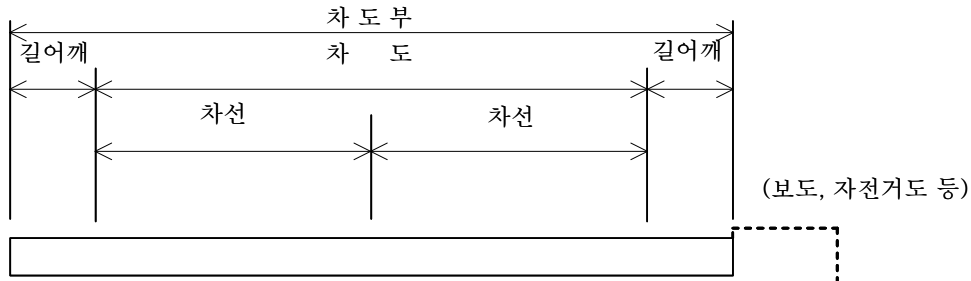


그림 3.11 농도의 횡단면 구성요소

### 3.10.1 폭

폭은 농도의 종류 및 성격에 따라 계획교통량, 설계기준차량, 설계속도, 보행자 및 자전거의 교통량 등을 검토하여 결정한다.

#### 가. 차도

차도는 차량의 통행을 목적으로 하는 농도의 부분이며 ①차량주행용 차선 ②농작업상 필요에 따라 설치되는 주차대 ③1차선 농도의 대피소(대기차선)등으로 구성된다.

차도폭의 결정방법에는 계획교통량에 의한 방법, 설계기준차량에 의한 방법, 설계속도에 의한 방법이 있다.

농도와 같이 계획교통량이 적고 그 도로를 이용하는 차량에 대형농기계가 다수포함 되어 있으며 장래 설계기준차량에 많은 대형농기계의 도입이 계획되어 있거나 그 계획이 구체화되어 있고, 농기계의 운행로로 보아 그 계획노선이 피크(Peak) 구간에서의 주행이 다른 차량의 운행에 지장을 끼칠 염려가 있는 경우에는 설계기준차량에 의하여 소요폭을 정하는 것이 합리적이다. 특히 농경용으로 이용되는 경지내농도에서는 농경상의 농기계 이용을 위주로 하여 폭을 정하도록 한다.

농도의 경우에는 표 3.5와 같이 설계기준차량으로 농기계를 포함하는 중 대형자동차를 대상으로 한다. 다만 지형상황 등 부득이한 경우에는 경작도에 대하여 소형자동차를 대상으로 설계할 수 있다.

차도폭의 표준은 표 3.2 이상으로 하고 기간농도 및 간선농도에서 2차선 도로의 차도폭은 중 대형자동차의 폭이 2.5m 이므로 교차시의 안전간격 0.5m와 외측차선의

여유폭 0.5m(즉, 양쪽에 각각 0.25m)를 합하여 6m를 표준으로 한다.(그림 3.12 참조)

지선농도를 1차선으로 설계하는 경우에는 5m이상의 차도폭을 원칙으로 하되 지형구별 등을 참작하여 부득이 하다고 인정하는 경우에는 차도폭을 4m이상으로 할 수 있다. 지선농도의 경우에는 대형농기계가 통행할 수 있도록 차도폭을 4.5m로 하고 교차시의 간격이 0.5m를 합하여 차도폭을 5m이상으로 한다. 따라서 지선농도의 경우에는 1차선으로 설계할 경우 자동차 대 자동차의 교차는 차도폭만으로는 불가능하여 길 어깨폭을 이용하여 교차가 가능하도록 하였다. 다만 대형농기계 대 리어카나 우마차를 기준으로 하는 경우에는 4m까지 축소할 수 있도록 허용한다.

지선농도에서 교통량이 많은 경우에는 2차선으로 설계하여야 하지만 통행량이 적은 경우에는 경제성과 농지의 지나친 잠식을 피하기 위하여 1차선으로 설계한다. 또 경작도는 경작지와 직접 연결되는 도로이기 때문에 통행량이 적어 농기계로 인한 다른 차량의 운행에 끼치는 영향이 적으므로 차도폭을 3m이상으로 하고 교차는 대피소를 통해서 가능하다.

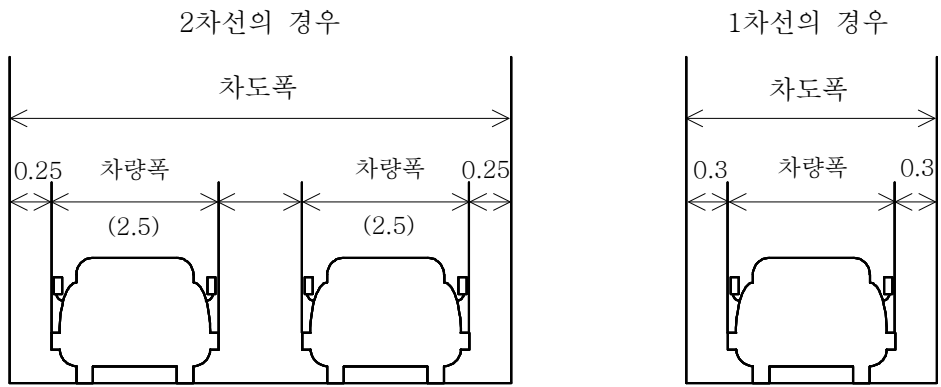


그림 3.12 설계기준차량에 의한 차도폭의 결정

표3.21 각종 농기계의 차량폭

명칭	차량폭(m)	명칭	차량폭(m)
승용차	1.7	콤바인(3조)	1.7
대형트럭 (6ton 이상)	2.5	콤바인(4조)	1.7
소형트럭 (2ton 이상)	1.7	트레일러	1.9
경운기	1.1	옥수수 종자파종기	1.8
승용트랙터(25 ~ 40ps)	1.5	농용트랙터용 비료살포기	2.1
승용트랙터(40 ~ 50ps)	1.7	농용트랙터용 무논정지기	2.1
승용트랙터(50 ~ 60ps)	1.9	디스크해로우	2.2
승용트랙터(60 ~ 70ps)	2.1	스피드스프레이어(500l)	1.3
승용트랙터(70 ~ 80ps)	2.3	스피드스프레이어(600l)	1.3
승용트랙터(80ps이상)	2.5	옥수수 수확기	2.3
콤바인(2조)	1.7	대형 4각 베일러	2.8
		대형 원형 베일러	2.3

자료):“한국 농기계 카탈로그(1992, 한국 농기구 협동조합)”의 제원을 근거로 작성

## 나. 길어깨

### 1) 길어깨의 기능

길어깨의 주된 기능은 다음과 같다.

- ① 차도, 보도, 자전거도 및 자전거보행자도에 접속하여 도로의 주요 구조부를 보호한다.
- ② 농기계의 주정차장소가 된다.
- ③ 농업용자재나 농산물의 하차장소가 된다.
- ④ 고장차가 본선차도로부터 대피할 수 있으므로 사고 및 교통의 혼란을 방지하는데 도움이 된다.
- ⑤ 측방 여유폭을 가지므로 교통의 안전성과 쾌적성에 기여한다.
- ⑥ 노상시설을 설치하는 장소, 지하매설물 또는 유지작업을 위한 장소가 된다.
- ⑦ 특히 절토부 등에서는 곡선부의 시거가 증대되기 때문에 교통의 안정성이 높다.
- ⑧ 유지가 잘되는 길어깨는 도로의 미관을 높인다.
- ⑨ 보도 등이 없는 도로에서는 보행자들의 대피장소나 통행로가 된다.
- ⑩ 적설지역에서는 제설 및 퇴설장소가 된다.
- ⑪ 길어깨에서 집수를 하면 차도포장내부로의 우수침투가 포장끝단에서 집수하는 것보다 적으므로 배수면에서도 좋다.

### 2) 길어깨의 폭

길어깨의 폭은 도로의 종류, 이용형태 등으로 정해지는 차도폭, 설치장소, 길어깨

의 기능, 보도 등의 유무를 고려하여야 하고 길어깨의 폭은 도로의 구분 및 보도의 설치에 따라 표 3.22의 값 이상으로 한다. 다만, 지형상황 등 부득이하다고 인정하는 경우에는 길어깨의 폭은 0.5m이상으로, 오르막차선 또는 변속차선을 설치하는 부분과 일방향 2차선이상인 교량, 터널, 고가도로 및 지하차도의 길어깨의 폭은 0.25m이상으로 할 수 있다.

표 3.22 길어깨의 표준값

구분	보도를 설치하지 아니하는 경우	보도를 설치하는 경우
기 간 농 도 간 선 농 도	1.0	0.5
지 선 농 도	0.75	0.5
경 작 도	0.5	0.25

또한 정차대를 설치하는 구간에는 길어깨를 설치하지 않으며, 적설지역에서 제설을 계획하는 도로에 있어서는 다음 식으로 산정한 값까지 넓힐 수 있다.

$$\text{제설도로의 길어깨폭} = \text{교통확보폭} + \text{제설여유폭} + \text{퇴설여유폭} - \text{차도폭}$$

교통확보폭 : 제설시에 최소한 교통을 확보할 필요가 있는 폭

제설여유폭 : 고속제설차에 의하여 옆쪽으로 치워진 눈을 일시적으로 쌓기 위해 필요한 폭

퇴설여유폭 : 제설로 인해 일시적으로 쌓아 둔 눈을 다시 그 바깥쪽으로 퇴설하기 위한 여유폭

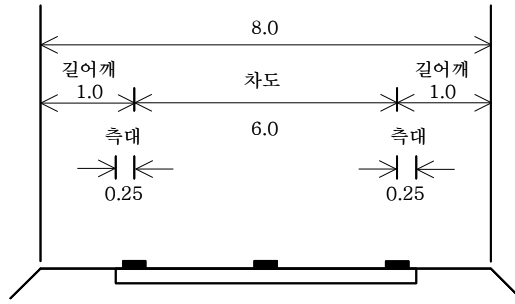
[참고] 표준폭

도로기능에 따라 표준적인 횡단구성 및 폭을 표시(그림 및 표 참조)하여 가능한 도로구분에 따라 그 기준을 준용하는 것이 여러 가지 측면에서 합리적이다.

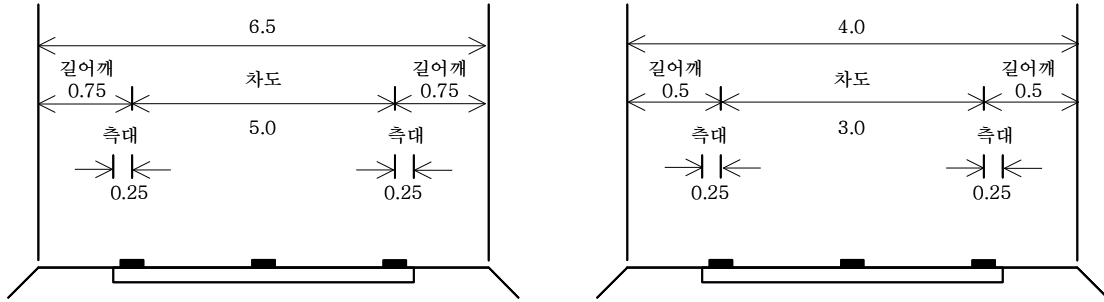
도로 횡단면의 표준

도로구분		설계 속도	차 선 수	차 선 폭 (m)	길어깨(m)			측 대	보도(m)	
					우측		좌측		양측에 설치하는 경우	한쪽만 설치하는 경우
					보도가 없는 경우	보도가 있는 경우				
기간농도 간선농도	평지	50 ~ 70	2	3	1.0	0.5	0.25	0.25	1.0	1.5
	산지	40 ~ 60	2	3	1.0	0.5	0.25	0.25	1.0	1.5
지선농도		40 ~ 60	1	5	0.75	0.5	0.25	0.25	0.75	1.0
경작도		20 ~ 30	1	3	0.5	0.25	0.25	0.25	-	-

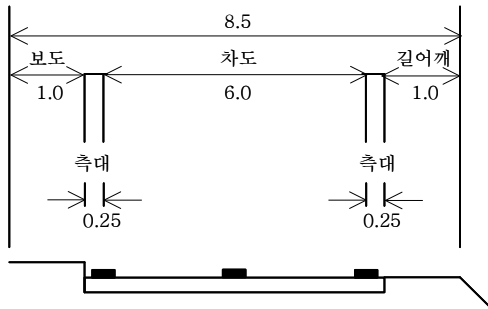




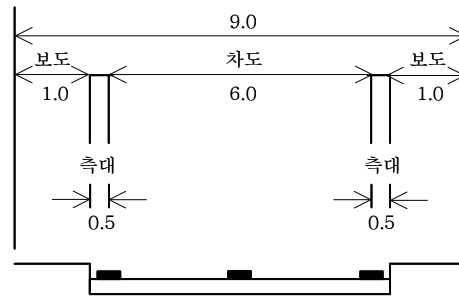
기간농도 및 간선농도



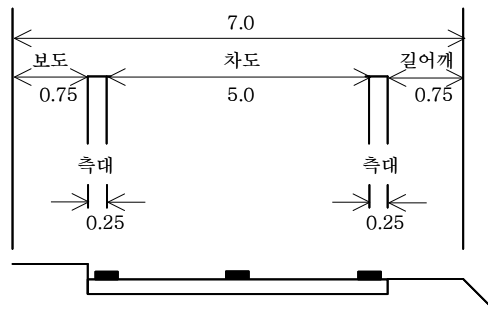
(1) 보도가 없는 경우



기간농도 및 간선농도

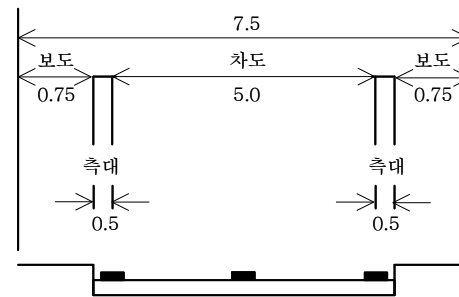


기간농도 및 간선농도



(a) 한쪽에 보도를 설치하는 경우

지선농도



(b) 양쪽에 보도를 설치하는 경우

지선농도

(2) 보도가 있는 경우

그림 3.13 도로 횡단구성의 표준도

### 3) 길어깨의 구조

길어깨(보호길어깨 제외)는 그 기능상 차량의 하중에 견딜 수 있도록 또 보행자, 자전거가 경우에 따라 길어깨를 용이하게通行할 수 있도록 포장하는 것이 좋다. 또 성토부에는 노면수의 집수를 길어깨에서 받기 위하여 길어깨옆에 연석 등을 설치하는 것이 바람직하다.

### 4) 보호길어깨

보호길어깨는 도로의 제일 바깥쪽에 있으며 포장구조 및 노체를 보호하기 위한 것으로 건축한계내에는 포함되지 않는다. 보호길어깨는 노상시설 중 방호울타리, 도로 표지 등을 도로 끝에 설치하기 위한 장소로서 설치하는 것과 보도 등에 접속하여 도로 끝에 붙여 설치하는 것의 2종류가 있으며 주로 성토구간에 설치하는 것이다. (그림 3.14 참조)

또한 (a)의 길어깨의 폭에는 보조길어깨의 폭은 포함되지 않는다.

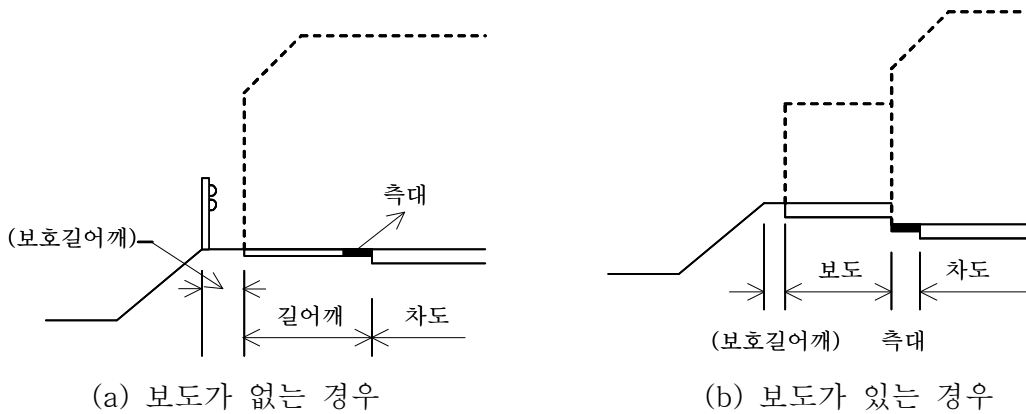


그림 3.14 보호길어깨

### 다. 정차대

농도에서 농수산업이용차량 등의 주정차 수요가 많은 구간에는 차량의 안전하고도 원활한通行이 방해가 되지 않도록 주차대를 만들 필요가 있다. 이 경우 정차대는 농도의 기능, 교통량, 입지조건 및 연도주변의 영농형태 등을 감안해서 원칙적으로 다음 기준에 의거 설치한다.

- ① 차도의 우단에 붙여 설치한다.
  - ② 도로에 연하여 설치한다.
  - ③ 폭은 2.5m로 한다. 단, 대형차량의 교통량비중이 비교적 적을 경우에는 1.5m까지 축소할 수 있다.
  - ④ 설치목적에 유효하고 안전하게 이용할 수 있도록 노면표지, 표지 등을 설치한다.
- 농도의 정차대는 폭을 유효하게 이용함으로써 농도를通行하는 트랙터, 콤팩트

등의 저속농기계와 농수산물이나 농수산업용 자재를 운반하는 고속차가 안전하고도 원활한 통행을 꾀할 수 있고 농작업장으로도 이용되는 등 그 효용은 광범위하다.

그러나 정차대를 만들면 농지면적이 줄어드는 동시에 농도의 건설비가 증가함으로 정차대의 수요는 길어깨의 활용을 고려하여 그 필요구간에 대해서는 이용형태 등에서 보는 공공성도 고려하여 충분히 검토해야 한다.

### 라. 보도

보행자의 안전과 원활한 교통소통을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 기간농도, 간선농도 및 지선농도에 보도를 설치할 수 있으며 표 3.23에 표기한 폭 이상으로 한다.

표 3.23 보도의 폭

구 분	보도의 최소 폭(m)	
	양측에 보도를 설치하는 경우	한쪽만 보도를 설치하는 경우
기간농도 간선농도	1.0	1.5
지선농도	0.75	1.0

보도에 노상시설을 설치하는 경우 당해 보도의 폭은 표 3.23의 규정에 의한 보도의 폭에 당해 노상시설이 가로수인 경우에는 0.75m를, 기타의 시설인 경우에는 0.25m를 가산한 폭으로 한다. 다만 지형상황 등 부득이 하다고 인정되는 경우에는 가산하지 아니한다.

### 마. 자전거도 등

안전하고 원활한 교통의 확보를 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 자전거도 또는 자전거차도를 설치하여야 하며 폭은 1.5m(길이 100m이상인 터널에 있어서는 1m)이상으로 한다.

자전거도 등에 노상시설을 설치하는 경우에는 건축한계를 고려하여 정해야 한다.

### 3.10.2 건축한계

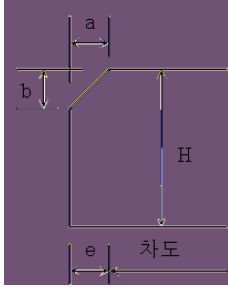
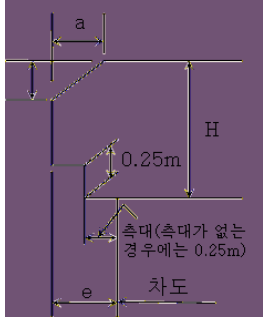
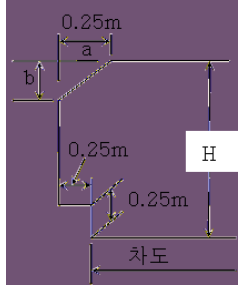
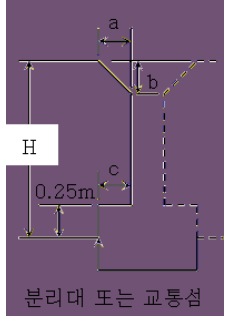
농도상에서 차량, 보행자 등의 교통안전을 보장하기 위하여 일정한 폭과 높이로 표시되는 건축한계 범위내에는 장애가 되는 물체를 설치해서는 안된다.

건축한계내에는 교각이나 교대는 물론, 조명시설, 방호울타리, 신호기, 도로표시,

가로수, 전주 등의 모든 시설을 설치할 수 없다. 따라서 폭을 결정하는 경우에는 각종 시설의 배치계획에 대해서도 충분히 검토하여야 한다.

차도, 보도, 자전거도 등의 건축한계는 「농어촌도로의 구조 시설기준에 관한 규칙해설 및 지침」에 준하며 건축한계의 상한선은 노면과 평행으로 한다.

또 양측선은 그림 3.17에 표시한 것과 같이 보통 횡단기울기를 갖는 구간에서는 연직기울기로 하고 편기울기를 갖는 구간에서는 노면에 직각으로 한다.

차도에 접속하여 길어깨가 설치되어 있는 차도			
<p>보도나 자전거도 등이 없는 터널 및 길이 100m이상의 교량이나 고가도로가 아닌 차도</p> 	<p>보도나 자전거도 등이 없는 터널 및 길이 100m이상의 교량이나 고가도로의 차도</p> 	<p>차도에 접속하여 길어깨가 설치되어 있지 아니한 도로의 차도</p> 	<p>차도중에 분리대 또는 교통섬과 관계가 있는 부분</p> 

주) 1. H(통과높이) : 4.5m, 다만 지형상황 등으로 인하여 부득이 하다고 인정되는 경우에는 4.2m(대형자동차의 교통량이 현저히 적고, 당해도로인근에 대형자동차가 우회할 수 있는 도로가 있는 경우에는 3m)로 할 수 있다.

또한 장래포장의 덧씌우기(overlay)가 예상되는 경우 및 동계적설에 의한 한계 높이의 감소가 예상되는 경우에는 4.7m이상으로 여유높이를 두는 것이 좋다.

2. a 및 e : 차도에 접속하는 길어깨의 폭. 다만 a가 1m를 초과하는 경우에는 1m로 한다.

3. b : H(4m미만인 경우에는 4m)에서 4m를 뺀 값

4. c : 0.25m

5. d : 0.5m

그림 3.15 차도의 건축한계

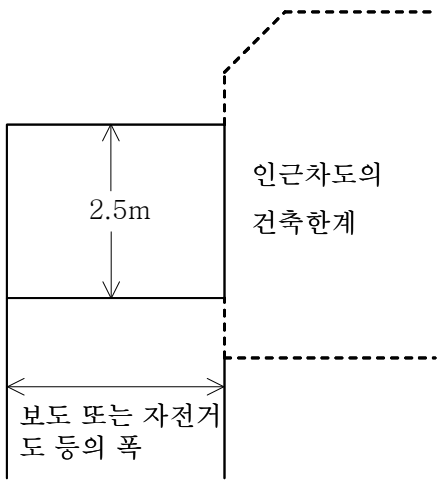
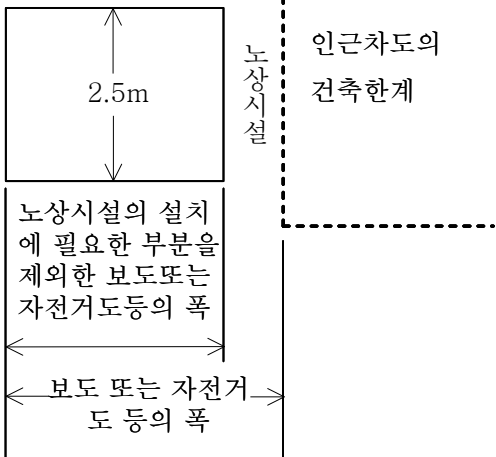
노상시설을 설치하지 아니한 보도 및 자전거도 등	노상시설을 설치하는 보도 및 자전거도 등
	

그림 3.16 보도 및 자전거도의 건축한계

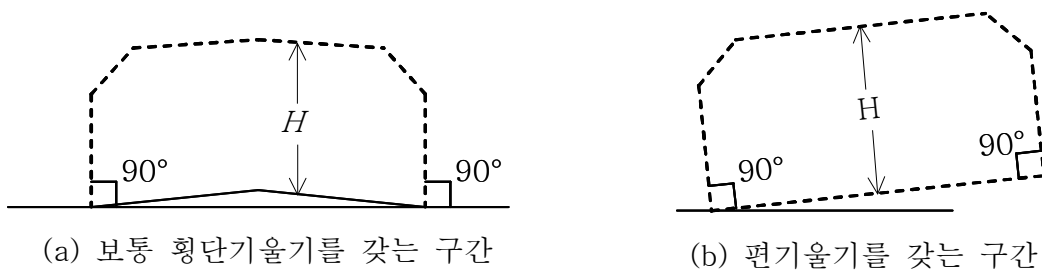


그림 3.17 건축한계선을 잡는 방법

### 3.10.3 횡단기울기

차도 및 차도에 접속하는 길어깨, 보도, 자전거도 등에는 노면배수에 필요한 횡단기울기를 설치한다.

노면의 횡단기울기는 노면에 내린 빗물을 측구로 배제하기 위하여 필요하다. 횡단형상은 노면의 배수를 보장하는 동시에 차량교통에 대해서도 안전하고 지장이 없어야 한다.

횡단기울기는 일반적으로 배수측면에서는 노상유속의 일정한계내에서 클수록 좋으나 차량의 주행측면에서는 작은 편이 좋으며 횡단기울기가 2%이상이 되면 핸들 조작시에 한쪽으로 치우치는 감을 느끼게 되고, 얼어붙은 노면이나 물에 젖은 노면에서는 옆으로 미끄러질 염려가 있으며 급정차시에는 마른 노면에서도 같은 현상이 생긴

다. 또 대향2차선 도로에서는 앞지르기차가 노면중앙을 넘을 때 횡단기울기의 급격한 변화에 의하여 사고의 원인이 되는 수가 있다. 그러나 토사계포장도로에서는 주행속도가 느리기 때문에 주행상의 문제보다도 오히려 배수가 문제되므로 횡단기울기를 크게 하는 것이 좋다.

이와 같이 횡단기울기의 값을 결정함에는 교통차량, 주행속도, 기상, 선형, 종단기울기, 노면의 종류 등을 고려하여야 하는데 일반적으로 표 3.24의 값을 표준으로 한다. 또 횡단면 형상은 원칙적으로 차도는 노면중앙을 정점으로 하여 양측을 향하여 하향기울기로 하고, 보도 등에 대해서는 도로의 중심으로 향하여 직선의 하향기울기로 한다. 단, 측구의 위치에 유의한다.

표 3.24 횡단 기울기

노면의 종류	횡단기울기(%)
아스팔트 및 콘크리트 포장	1.5 ~ 2.0
간이포장도로	2.0 ~ 4.0
토사계포장도로	3.0 ~ 6.0

### 3.10.4 노면높이

농도의 노면높이는 선형, 토공, 농도의 기능, 용지 등을 고려하여 결정한다.

농도의 노면높이는 도로의 선형, 용지사정 등에 의하여 좌우되며, 농도의 기능, 보조기층 및 기층 등의 보전을 위하여 다음 사항을 고려하여 결정한다.

- ① 기간농도 및 간선농도 등과 같이 직접 경지로 출입할 필요가 없는 농도일 경우에는 노면높이가 근접하는 수면의 최고수위보다 50cm정도 이상이 되도록 하는 것이 좋다.
- ② 지선농도이하에서 농기계의 출입을 고려할 경우에는 노면높이를 논지역에서는 논지면보다 40cm이상, 밭지역에서는 가능한 한 밭 지면과 같거나 조금 높게 하는 것이 좋다.

## 3.11 배수

### 3.11.1 배수의 종류

농도의 배수는 상태에 따라 표면배수, 지하배수, 비탈면배수, 구조물의 배수 등으로 분류한다.

일반적으로 농도의 축조재료는 물의 침입으로 강도가 저하된다. 이 때문에 농도의 파괴는 물이 원인이 되어 일어나는 일이 많다. 또 노면이 침수됨으로써 교통의 기능 및 안전성이 저하되므로 배수시설을 소홀히 취급해서는 안된다.

농도의 배수를 고려할 경우 일반적으로 다음과 같은 사태를 고려하여 표면배수, 지하배수, 비탈면배수, 구조물의 배수에 대해서 검토해야 한다. (그림 3.18 참조)

- ① 노면배수의 지체로 인한 교통정체나 슬립(Slip)사고
- ② 노면 또는 인접부에서 유입하는 표면수가 농도 내부로 침투함으로 인한 농도의 파괴
- ③ 농도에 인접하는 지대에서 유입하는 물과 지하수위의 상승으로 인한 농도의 노화 및 파괴
- ④ 비탈면의 침식, 붕괴
- ⑤ 교량, 터널, 옹벽 등 구조물의 기능저하 및 파괴

더욱이 배수계획에서는 유말처리에 대해서도 충분히 고려해야 한다.

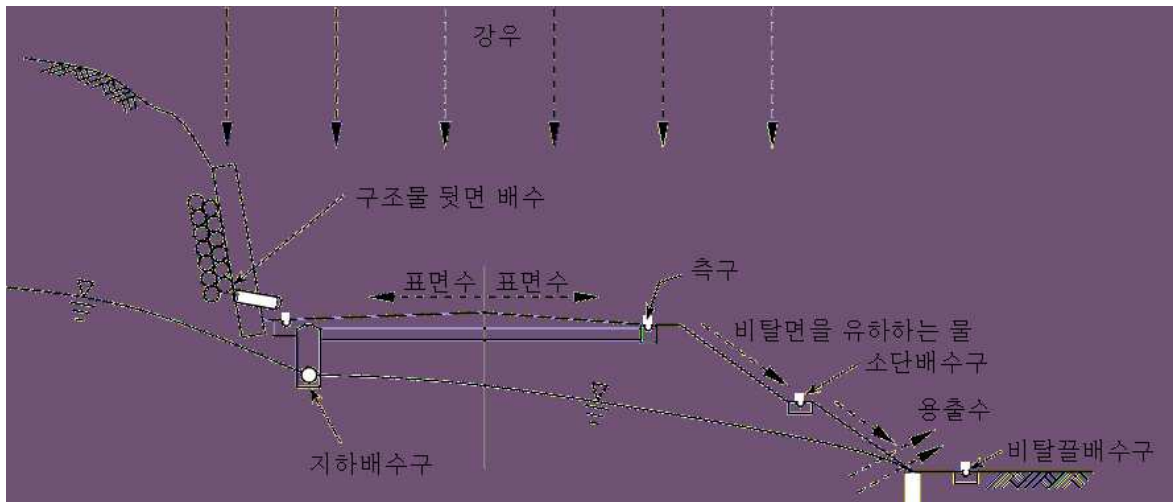


그림 3.18 배수의 종류

### 3.11.2 표면배수

표면배수는 강우 또는 강설에 의하여 생긴 노면수 및 인접부에서 농도로 유입해오는 물을 측구 등으로 유도하여 농도 내부로 침투하는 것을 방지함을 목적으로 한다.

표면배수의 집수범위는 원칙적으로 다음 사항을 고려해서 결정한다.

- ① 농도의 용지내에 내린 빗물은 원칙적으로 표면배수시설로 배제한다.
- ② 농도의 용지외에 내린 빗물은 지형상 부득이한 경우 이외는 원칙적으로 표면배수

시설로 유입시키지 말아야 한다. 단, 경사지의 경지내농도에서는 유역배수와 농도 용지배수를 같이 처리하는 편이 합리적이고 경제적이 되는 수가 있기 때문에 그 경우에는 경사지의 유역을 포함한 집수범위로 계획해도 좋다.

농지보전의 관점에서 필요하다면 농도와 배수로를 겸용하는 수로겸용 농도도 고려한다. 또 논지역의 경지내 농도에서는 경지의 배수를 포함하여 시설하는 경우도 많으므로 횡단기울기를 설치하여 노면에 빗물이 정체하지 않도록 해야 한다.

### 가. 강우량에 의한 유출량의 추정법

강우량에 의한 유출량의 추정법은 합리식(Rational method)을 사용한다.

$$Q = \frac{1}{3.6} f \cdot r \cdot A$$

여기서,  $Q$  : 유출유량( $m^3/s$ )

$f$  : 유출계수

$r$  : 홍수도달시간내의 평균 강우강도( $mm/h$ )

$A$  : 유역면적( $km^2$ )

### 나. 확률강우강도식의 산정

강우강도식으로서 다음 4형식을 비교하여 각확률년마다의 최적확률강우강도의 식을 구한다.

탈보트(Talbot)형  $r = \frac{a}{t + b}$

셔만(Sherman)형  $r = \frac{a}{t^n}$

Cleveland 형  $r = \frac{a}{t^n + b}$

Japanese 형  $r = \frac{a}{\sqrt{t + b}}$

여기서,  $r$  : 강우강도 ( $mm/h$ )

$a, b, n$  : 정수

$t$  : 도달시간( $h$ )

### 다. 유출계수(f)

유출계수는 배수구역내의 지표면의 상태, 경사, 토질, 장래의 토지이용상황을 고려해서 결정해야 한다. (표 3.25, 3.26 참조)



표 3.25 현재 많이 사용되고 있는 피크(Peak) 유출계수

유역상태	f	유역상태	f
노면 및 비탈면	0.70 ~ 1.0	시가	0.60 ~ 0.90
급한 산지	0.75 ~ 0.90	산림지대	0.20 ~ 0.40
완만한 산지	0.70 ~ 0.80	산지, 하천유역	0.75 ~ 0.85
기복이 있는 토지 및 수림	0.50 ~ 0.75	평지의 작은 하천유역	0.45 ~ 0.75
평탄한 경작지	0.45 ~ 0.60	반 이상이 평지인	0.50 ~ 0.75
침수된 논	0.70 ~ 0.80	대하천유역	

### 라. 강우확률년

농도에 영향을 주는 물은 주로 강우, 용설수로서 때로는 예상할 수 없는 경우도 있으므로 이 경우에 농도주변 및 농도의 안전성을 유지하기 위하여 필요한 배수능력의 정도는 계획하는 농도의 중요성, 농도의 주변지역의 상황을 충분히 고려하여 계획유량을 초과하는 유량이 발생하였을 때 예상되는 손해의 정도, 경제성을 감안해서 결정해야 한다.

[참고] 일본의 예

배수시설의 계획기준목표로서 교통량의 구분에 의한 배수시설별 채용강우확률년의 표준은 아래 표를 참고한다.

계획교통량 (대/일)	강우확률년	
	①	②
4000 이상	3	10
4000 미만 1500 이상		7
1500미만 500 이상		7
500미만		5

주) ①은 노면이나 소규모 비탈면 등 일반도로 배수시설에 적용한다.

②는 최대자연사면에서 유출하는 물을 배제하는 도로횡단 배수시설 등 중요한 배수시설에 적용한다.

표 3.26 지표면의 공중별 기초유출계수

지표면의 종류		유출계수
노면	포장 자갈도	0.70 ~ 0.95 0.30 ~ 0.70
길어깨, 비탈면 등	세립토 조립토 경암 연암	0.40 ~ 0.65 0.10 ~ 0.30 0.70 ~ 0.85 0.50 ~ 0.75
사질토의 때	기울기 0 ~ 2% 기울기 2 ~ 7% 기울기 7% 이상	0.05 ~ 0.10 0.10 ~ 0.15 0.15 ~ 0.20
점성토의 때	기울기 0 ~ 2% 기울기 2 ~ 7% 기울기 7% 이상	0.13 ~ 0.17 0.18 ~ 0.22 0.25 ~ 0.35
지붕 공지 때, 수림이 많은 공원 기울기가 완만한 산지 기울기가 급한 산지		0.75 ~ 0.95 0.20 ~ 0.40 0.10 ~ 0.25 0.20 ~ 0.40 0.40 ~ 0.60
논, 수면 밭		0.70 ~ 0.80 0.10 ~ 0.30

**마. 강우도달시간의 산출(t)**

도달시간(t)은 집수구역의 가장 먼 거리에서 배수시설에 도달할 때까지의 시간(유입시간(t<sub>1</sub>))과 관암거 등을 흘러 계산지점에 도달할 때까지의 시간(유하시간, t<sub>2</sub>)으로 나눈다.

노면배수의 경우 : t=t<sub>1</sub>

배수관, 컬버트(Culvert)의 경우 : t= t<sub>1</sub>+ t<sub>2</sub> 로 설계를 한다.

1) 유입시간(t<sub>1</sub>)

유입시간은 지표의 상황, 기울기, 집수구역의 크기, 형상 등 많은 요소에 좌우된다.

유입시간을 구하는 방법은 다음과 같은 공식이 있는데 식을 적용할 경우에는 실측치와 비교하는 등 주의가 필요하다.

가) Rziha 식

$$t_1 = \frac{L}{W} = \frac{L}{W}$$

$$W=20\left(\frac{h}{l}\right)^{0.6}(m/s)=72\left(\frac{H}{L}\right)^{0.6}(km/h)$$

여기서,  $t_1$  : 유입시간(s 또는 h)

$W$  : 유속(m/s 또는 km/h)

$l, L$  : 상시하곡을 이루는 최상류점에서 대상지점까지의 유로에 연한 수평거리(m 또는 km)

$h, H$  : 유로의 상하단의 고저차(m 또는 km)

산비탈면 유하시간( $t_0$ )을 무시할 수 없을 경우에는 더하고,  $t_0$ 는 산비탈면 유하의 평균유속 0.3m/s 내외라 생각해서 산비탈면 길이를 뺀 값으로 해도 된다.

#### 나) 角屋 식

角屋등이 일본의 東北, 近畿, 四國, 九州의 산지구릉지구역의 14하천(유역면적  $A=0.13 \sim 740km^2$ )에서의 관측결과에서 유도한 것으로 다음 식과 같다.

$$t_1 = C \frac{A^{0.22}}{r_e^{0.35}}$$

여기서,  $C$  : 유역특성을 표시하는 계수(표 3.27 참조)

$t_1$  : 유입시간(min)

$A$  : 유역면적( $km^2$ )

$r_e$  : 유입시간내의 평균유효강우강도(mm/h)

표 3.27 C 의 값

유역의 지형	C
구릉, 산지	290
방목지, 논, 골프장	190 ~ 210
개발직후 조성택지	90 ~ 120
시가지	60 ~ 90

#### 다) Kerby 식

$$t_1 = \left\{ \frac{2}{3} \times 3.28 \times L \times \frac{n_d}{\sqrt{s}} \right\}^{0.467}$$

여기서,  $t_1$  : 유입시간(min)

$L$  : 집수구역의 가장 먼거리에서의 유로길이(m)

$s$  : 집수구역의 기울기

$n_d$  : 지체계수(맨닝의  $n$ 에 가까운 값으로 표 3.28에 표시한 값이다.)

표 3.28 지표면 피복상태에 의한 지체계수

지 표 면 피 복 상 태	$n_d$ 의 값
시멘트 콘크리트, 아스팔트 콘크리트 등	0.013
평탄한 불침투면	0.02
평탄하면서 잘 다짐된 나지(裸地)	0.10
빈약한 초지, 경지, 적당히 거친 나지	0.20
목초지, 보통의 초지	0.40
낙엽수림	0.60
침엽수림, 영성 또는 조밀하게 풀이 무성한 깊은 낙엽수림	0.80

라) 이상의 식 외에 경험값으로는 다음과 같다.

- 산지 : 15 ~ 30분
- 절토 : 3 ~ 5분
- 도시지역 : 5분
- 수로의 최상류부에서 상류의 유역면적이  $2.0km^2$ 미만인 경우 : 0.3(h)
- 수로의 최상류부에서 상류의 유역면적이  $2.0km^2$ 이상인 경우 : 0.5(h)

## 2) 유하시간( $t_2$ )

유하시간( $t_2$ )은 우수유출량을 구하려는 지점에서 상류의 측구, 관암거 등의 가장 긴 길이를 그들의 평균유속으로 나눈 것이다.

### 가) 맨닝식

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

여기서,  $V$  : 평균유속(m/s)

$R = A/P$  : 경심(m)  $A$  : 통수단면적( $m^2$ )

$P$  : 율변길이(m)

$I$  : 수면기울기

$n$  : 조도계수

유하시간  $t_2$ (s)는  $t_2 = L/V$ 로 구한다. 단,  $L$ 은 유로길이(m)를 나타낸다. 도시부에서의 평균유속은 측구에서는 0.5 ~ 1.0m/s, 소구경관의 배수관에서는 0.6 ~ 1.0m/s, 대구경관에서는 0.8 ~ 2.0m/s를 목표로 한다.

표 3.29 조도계수 n의 값

(1) 라이닝수로 또는 조립식개수로

수로의 재료와 상태	조도계수		
	최소치	표준치	최대치
평활한 강표면(도장안함)	0.011	0.012	0.014
평활한 강표면(도장)	0.012	0.013	0.017
과상표면(강판)	0.021	0.025	0.030
시멘트(모르터)	0.011	0.013	0.015
콘크리트, 이동식강제거푸집 (흙손 · 끝손질)	0.012	0.015	0.016
콘크리트, 고정식(강제거푸집)			
콘크리트, 철제(판넬형거푸집)			
콘크리트, 매끈한 목제거푸집	0.012	0.015	0.016
콘크리트, 거친 목제거푸집	0.015	0.017	0.020
콘크리트, 분무(양호)	0.016	0.019	0.023
콘크리트, 분무(과상)	0.018	0.022	0.025
콘크리트, 공장제품(플루움)	0.012	0.014	0.016
콘크리트, 블록쌓기(줄눈평활)	0.014	0.016	0.017
콘크리트, 블록쌓기(줄눈부정)	0.015	0.017	0.018
흙라이닝		0.025	
아스팔트(활면)		0.014	
아스팔트(조면)		0.017	
돌쌓기(조면찰쌓기)	0.017	0.025	0.030
돌쌓기(조면메쌓기)	0.023	0.032	0.035
식생피복(떼 입히기)	0.030	0.040	0.050

(2) 터널, 암거, 잠관, 관수로

수로의 재료와 상태	조도계수		
	최소치	표준치	최대치
강(Rockbar 및 용접)	0.010	0.012	0.014
강(리벳트)	0.013	0.016	0.017
주철(도장)	0.010	0.013	0.014
주철(도장 안함)	0.011	0.014	0.016
시멘트(모르터)	0.011	0.013	0.015
콘크리트(강제거푸집)	0.012	0.015	0.016
콘크리트(철제판넬형 거푸집)	0.012	0.015	0.016
콘크리트(매끈한 목재 거푸집)	0.012	0.015	0.016
콘크리트(거친 목재 거푸집)	0.015	0.017	0.020
목 (나무로 짠 것)	0.015	0.012	0.014
목 [ (얇은 판자붙임) (크레오소드Creosote) ] 처리	0.010	0.017	0.020
도관	0.011	0.014	0.017
콘크리트관	0.012	0.014	0.016
철근콘크리트관	0.011	0.013	0.014
(원심력, 부배합 콘크리트)	0.011	0.013	0.014
석면 시멘트관	0.011	0.013	0.014
염화 비닐관		0.012	
전단면(비라이닝 암터널)	0.030	0.035	0.040
저면만 콘크리트를 친 비라이닝암터널	0.020	0.025	0.030

(3) 굴착 또는 준설수로

수로의 재료와 상태	조도계수		
	최소치	표준치	최대치
흙, 직선이고 모양이 같은 경우			
1. 잡초 없음(완성직후)	0.016	0.018	0.020
2. 잡초 없음(정비하지 못한 수로 상태임)	0.018	0.022	0.025
3. 자갈(잡초 없음)	0.022	0.025	0.030
4. 짧은 풀이 있기는 하나 잡초가 적음	0.022	0.027	0.033
흙, 만곡이고 모양이 같지 않을 경우			
1. 식물피복 없음	0.023	0.025	0.030
2. 약간의 잡초	0.025	0.030	0.033
3. 잡초 또는 수초밀생 깊다.	0.030	0.035	0.040
4. 저면은 흙이고 측면은 거친 돌	0.028	0.030	0.035
5. 저면은 돌이고 측면은 잡초	0.025	0.035	0.040
6. 저면은 조약돌이고 측면잡초 없음	0.030	0.040	0.050
드래그라인굴착 또는 준설			
1. 식물피복 없음	0.025	0.028	0.033
2. 기슭에 관목이 적다	0.030	0.050	0.060
암 굴착			
1. 평활하고 모양이 같다	0.025	0.035	0.040
2. 불규칙	0.035	0.040	0.050

(4) 자연유로

수로의 재료와 상태	조도계수		
	최소치	표준치	최대치
<p>평균의 소수로</p> <p>1. 잡초가 없고 직선이며 만수위일 때 금이 가거나 물이 고여 있는 곳이 없다.</p> <p>2. 1.과 같지만 돌과 잡초가 많다.</p> <p>3. 잡초는 없지만 사행이고 약간의 얕은 웅덩이나 여울이 있음</p> <p>4. 상동, 다만 약간의 돌과 잡초가 있다</p> <p>5. 상동, 다만 저수위이고 기울기와 단면의 변화가 적다</p> <p>6. 4와 같지만 돌이 더 많음</p> <p>7. 완만한 흐름을 가지는 구간에서 잡초와 깊은 웅덩이가 많음</p> <p>8. 잡초가 밀생하는 구간, 깊은 웅덩이 또는 입목이 많음</p>	0.025	0.030	0.033
<p>산지유로로서 수로내에 식물이 없거나 하안은 보통이며 급한 기울기를 가지고, 하안에 연하여 나무와 관목이 고수위일 때 침수되는 수로</p> <p>1. 하상은 조약돌, 모래</p> <p>2. 하상은 큰 조약돌</p>	0.030 0.040	0.040 0.050	0.050 0.070
<p>대유로</p> <p>1. 큰 조약돌과 관목없는 규칙단면</p> <p>2. 불규칙한 거칠은 단면</p>	0.025 0.035		0.060 0.100

나) Karaven 식

I	1/100 이상	1/100 ~ 1/200	1/200 이하
W	12.6km/h	10.8km/h	7.6km/h

$$t_2 = \frac{L}{W}$$

여기서,  $I$ : 유로기울기

$W$ : 우수유하속도(km/h)

$L$ : 수로의 최상류에서 컬버트입구까지의 유로길이(km)

$t_2$ : 강우유하시간(h)



#### 다) 개략값

별도로 도달시간(t)을 정할 방법이 없을 때는 표 3.30의 값을 개략 값으로 사용해도 된다.

표 3.30 도달시간의 개략 값

우 수 통 측 구 및 집 수 관 배 수 관	약 5분 10 ~ 20분 약 30분
-------------------------------	---------------------------

### 3.11.3 지하배수

지하배수는 농도에 인접하는 지대 및 노면에서 보조기층 또는 노상에 침투하는 물을 배수하고, 지하수면에서 상승하는 모관수를 배수함으로써 수압에 의해 농도가 약화하는 것을 방지함을 목적으로 한다.

지하배수가 불량하면 노상, 보조기층의 지지력이 감소하고 노상토의 세립토가 침투수에 따라 보조기층내로 이동하거나 때에 따라서는 포장의 이음이나 측단부의 균열에서 지표로 유출하여 농도의 파괴원인이 되므로 노상과 보조기층의 배수에 대해서도 충분히 고려해야 한다.

또, 지하배수는 옹벽, 비탈면 등의 파손방지, 슬라이딩대책 및 절토구간에서의 주변지하수의 변동대책상으로 중요한 것이다.

지하배수를 적절히 하려면 지하수 및 지형, 지질 등의 조사를 충분히 하고 절토나 성토 등의 공사로 인하여 지반내의 지하수 흐름상태가 변하는 수가 있으므로 공사 중 또는 공사 완료후도 배수상황에 주의하고 필요에 따라 적절한 배수시설을 추가 또는 개량하여야 한다.

지하배수중 주로 노상의 배수를 목적으로 하는 것을 노상배수, 보조기층의 배수를 목적으로 하는 것을 보조기층배수라 한다.

- ① 노상배수는 일반적으로 도로측구의 바로 밑에 구를 파서 유공관을 매설하고 모래, 자갈 등의 투수성이 큰 재료로 되메우거나 경우에 따라서는 맹암거로 하는 경우도 있다.
- ② 보조기층배수는 노상토의 투수계수가 작고, 보조기층내에 물이 정체할 염려가 있는 경우에 필요로 하며, 노상토에 모래층 또는 횡단맹암거를 토질 및 배수량의 정도에 따라 10~20m 정도의 간격으로 설치하고, 출구는 반드시 노상배수로 연결시킨다.

### 가. 지하배수의 계산

일반적으로 지하배수시설의 설계를 할 경우에는 계산을 하지 않고, 유사한 조건의 장소에서 시공된 공사의 예를 이용해서 설계하는 경우가 많다. 그러나 중요한 배수시설로 지하수위가 높은 습윤한 장소나 인접지에서 다량의 침투수가 유입할 염려가 있는 장소에서는 조사자료에 따른 침투류 검토를 하여 침투량이나 지하수위 저하량 등의 값을 구해 둘 필요가 있다.

### 나. 노체 노상의 배수

노체 노상 등의 배수는 노체 또는 지반내의 지하수위를 저하시키거나 또는 농도에 인접하는 지대에서 노체 노상 등에 침투하는 물을 차단하여 노상과 보조기층의 함수량을 적당하게 유지하기 위하여 시행한다.

특히 이와 같은 배수가 필요한 장소는 지하수위가 높은 습윤한 장소, 인접지에서 다량의 침투수가 유입할 염려가 있는 장소 등이다.

이외에 적설지대에서도 용설수가 장기간동안 인접지에서 노체 등에 침투하여 노상, 보조기층 등의 강도를 약화시키는 수가 있으므로 배수를 양호하게 함과 동시에 침투수에 대해서 안정성이 높은 노체, 노상, 보조기층 등을 만드는 것이 중요하다.

#### 1) 불투수층의 기울기가 큰 경우

배수관을 불투수층에 접해서 설치할 경우에 배수관의 단위길이당 배수량은 식 3.1에 의한다.

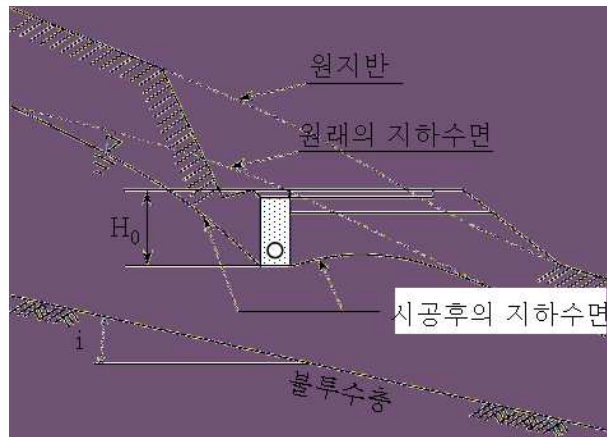


그림 3.19 불투수층의 기울기가 큰 경우

$$q = k \cdot i \cdot H_0 \quad \text{..... (3.1)}$$

여기서,  $q$ : 단위길이당 배수량( $\text{cm}^3/\text{s}/\text{m}$ )

$i$ : 불투수층의 기울기

$k$ : 투수계수( $\text{cm}/\text{s}$ )

$H_0$  : 배수관매설위치부근의 지하수위저수량(cm)(그림 3.19 참조)

노상토 또는 지반의 투수계수는 실험에 의하여 구하며 실험을 하지 아니할 경우에는 표 3.31을 참고로 한다.

표 3.31 대표적인 흙의 투수계수의 개략 값

대표적인 흙	투수계수(cm/s)	투수성
자갈	0.1 이상	투수성이 높다
모래	$0.1 \sim 1 \times 10^{-3}$	중위의 투수성
사질토	$1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-5}$	투수성이 낮다
점질토	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-7}$	투수성이 대단히 낮다
점토	$1 \times 10^{-7}$ 이하	불투수성

2) 불투수층의 기울기가 완만한 경우

그림 3.20에 표시한 바와 같이 물은 배수구의 한쪽에서만 유입하는 것으로 하면 배수관의 단위길이당 배수량  $q$ 는 식 3.2로 구한다.

$$q = \frac{k(H^2 - h_0^2)}{2R} \dots\dots\dots (3.2)$$

여기서,  $H$  : 배수전의 지하수위(cm)

$h_0$  : 배수관 매설위치의 지하수위(cm)

$R$  : 배수에 의하여 지하수가 영향을 받는 수평거리(cm)

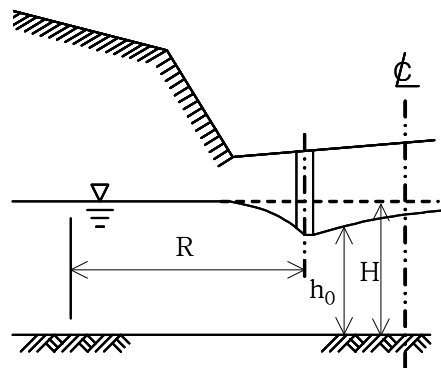


그림 3.20 불투수층의 기울기가 완만한 경우

3) 불투수층이 깊은 경우

그림 3.21에 표시한 바와 같이 불투수층이 깊을 경우에 물은 배수구의 한쪽에서

만 유입하는 것으로 생각하면 배수관의 단위길이당 배수량은 식 3.3에서 구한다.

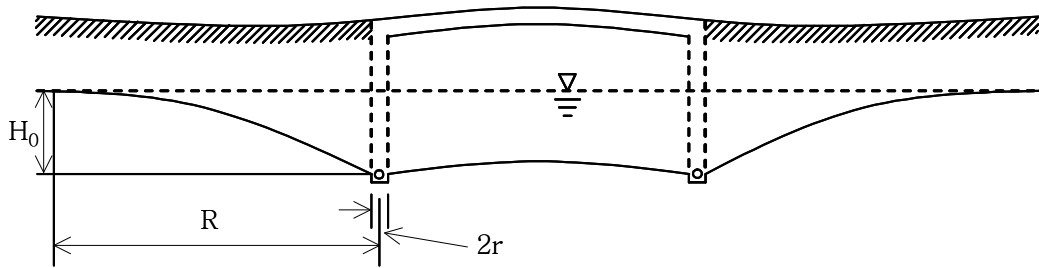


그림 3.21 불투수층이 깊은 경우

$$q = \frac{\pi \cdot k \cdot H_0}{2l_n\left(\frac{2R}{r}\right)} = \frac{\pi \cdot k \cdot H_0}{4.6 \log\left(\frac{2R}{r}\right)} \quad \text{..... (3.3)}$$

여기서,  $r$  : 배수구폭의 1/2(cm)

4) 피압지하수에 의한 침투수의 흐름이 있는 경우

그림 3.22에 표시한 바와 같이 심부에서의 침투수를 배수하는 경우에는 지반을 포함한 농도의 단면적에 유선망을 그려 식 3.4에 의하여 배수량을 구한다.

$$Q = kH_0 \left( \frac{N_f}{N_p} \right) \quad \text{..... (3.4)}$$

여기서,  $Q$  : 단위길이당 전배수량 ( $\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}$ )  
 $H_0$  : 전수두(cm)  
 $N_f$  : 유선에 포함되는 유로의 수  
 $N_p$  : 등포텐셜(equipotential)선 강하의 수

또 그림 3.22에 표시한 것과 같이 농도의 양측에 2개의 배수구를 설치할 경우에는 배수관 1개의 단위길이당 배수량  $q$ 는 식 3.4의  $Q$ 를 사용하여

$$q = \frac{1}{2} \cdot Q$$

로 하면 된다.

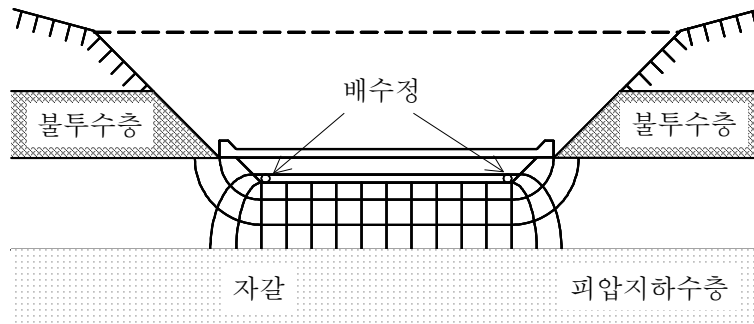


그림 3.22 유선망의 예

#### 다. 보조기층의 배수

원지반이나 노상의 투수계수가 비교적 적고 인접지역에서 침투수가 보조기층내로 유입할 염려가 있는 곳이나 지하수가 보조기층까지 상승할 염려가 있는 곳에서는 보조기층에서의 배수도 필요하다.

그러나 지하수위가 높은 경우에는 우선 원지반, 노체, 노상 등에서의 배수를 고려해야 한다. 일반적으로 보조기층의 배수계산은 하지 않으나 특히 폭이 큰 농도에서 검토가 필요한 경우가 있다.

#### 3.11.4 비탈면배수

비탈면배수는 강수, 표류수 등이 비탈면에 침투하지 않도록 비탈면을 유하하는 물이나 비탈면내의 지하수를 안전하게 비탈면외의 배수시설로 유도하는 것을 목적으로 한다.

물에 의한 비탈면의 파괴를 대별하면 비탈면을 유하하는 지표수에 의한 표면의 침식, 세굴 및 침투수가 비탈면을 구성하는 흙의 전단강도를 감소시키거나 간극수압을 증대시킴으로써 발생하는 붕괴(슬라이딩)로 구분된다.

비탈면배수시설은 붕괴를 방지하는 데 충분한 효과가 발휘되도록 설계해야 한다. 또 충분한 기능을 가진 배수시설이라도 이를 받는 접속처리시설의 능력이 충분하지 않을 때에는 하류에 피해를 주는 경우도 있으므로 비탈면배수시설은 배수능력이 있는 시설에 접속하여야 한다.

배수시설의 설계에서는 사전에 강우, 지표면의 상황, 토질, 지하수의 상황, 기설배수로계통 등을 충분히 조사하여 배수량을 결정한다.

실제조사에서는 특히 다음과 같은 점에 주의해야 한다.

- ① 지표수가 국부적으로 집중해서 흐르는 장소
- ② 원지반에서 용출수나 침투수가 많은 장소
- ③ 주위의 지하수상황
- ④ 집수된 물을 배제하는 접속시설의 상황

### 3.11.5 구조물의 배수

구조물의 배수는 구조물 뒤채움부의 침수나 구조물내의 누수 및 강우, 강설에 의하여 생긴 구조물의 지표수 등을 제거함을 목적으로 한다.

구조물의 시공중 또는 시공후에 우수, 지하수 등이 구조물의 배면에 고이거나 구조물내로 누수되는 등의 상태가 되면 구조물의 안전성저하를 야기시키고, 그것이 구조물의 파손에도 관련이 있기 때문에 배수처리에 대하여 세심한 주의를 하여야 한다.

구조물의 배수에는 교량, 터널, 지하도, 옹벽배면 등의 배수가 포함된다.

### 3.11.6 동상

한냉지의 농도나 이에 부속되는 구조물의 기초 등에는 흙의 동결, 동상작용에 의한 농도나 부대구조물의 파괴를 고려해야 한다.

동상이란 지반내에 서리기둥이 생겨 그것이 성장함에 따라 지면이 융기하는 현상을 말한다. 이 현상은 많은 요인에 의해 일어나는 것이지만 일반적으로 다음 세가지 조건이 동시에 충족되었을 때에 일어난다.

- ① 지반토질이 세립이어서 동상을 일으키기 쉬운 때
- ② 지중수의 보급이 충분할 때
- ③ 지반의 온도저하와 그 고저차폭이 서리기둥이 발생하기 쉬운 상태에 있을 때

동상에 의한 농도피해는 ①동상 그 자체에 의한 것 ②봄 해빙기에 일어나는 노상, 보조기층의 지지력 저하에 의한 것 등이 있다. ①에 의한 피해는 동상이 농도의 연장방향 또는 횡단방향에 불균일하게 일어나기 때문에 노면에 요철이 생겨 평탄성이 나빠지고 때로는 포장도로의 연장방향에 큰 균열이 생긴다. ②에 의한 피해는 표면으로부터 해빙수의 침투가 하층에 남아 있는 동결부분에 의해 방해가 되어 농도의 보조기층이나 노상에 해빙수가 고여 중교통차량의 통행으로 인해 포장노면에 거북이 등 모양의 균열이 생긴다.

이와 같이 동상에 의한 피해가 때로는 농도에 치명적인 타격을 줄 수 있기 때문에 농도계획에 있어서는 이를 제거하도록 적절한 대책을 강구해야 한다. 동상방지대책으로는 상술한 바와 같이 토질, 지중수 및 온도의 세 가지 조건이 동시에 충족되었을 때에 일어남으로 이들 중 하나 이상의 요인제거 또는 개선책을 강구하면 된다. 이에는 다음 방법이 있다.

- ① 치환공법 : 동상성의 흙을 난동상성 재료와 치환하는 방법
- ② 단열공법 : 단열층을 만들어 동상성 흙의 온도저하를 적게 하여 동결을 방지하는 방법
- ③ 약제처리공법 : 약제를 첨가 혼합하여 흙의 성질을 바꾸거나 또는 동결온도를 낮추는 방법

④ 차수공법 : 차수층을 만들어 우수나 지하수로부터 동상성 흙을 차단하는 방법

이중 현재 주로 채용되고 있는 공법은 동결깊이 내에 있는 동상성 노상토를 난동상성 재료로 치환하는 치환공법이다. 여기서 동결깊이란 노면(동결전을 기준으로 한 노면을 가리킴)에서 지중온도 0℃ 선까지의 깊이를 말하며 경험적으로 그 깊이를 알고 있는 경우에는 그 값을 채용하도록 하고 그렇지 않을 경우에는 실측 또는 규정에 의하여 결정한다.

### 3.12 토공계획

토공계획에서는 지형조건, 지질조건, 현지의 시공조건 등을 고려하여 절성토의 균형, 흙 구조물의 안정성, 내구성 및 경제성이 확보되도록 해야 한다.

농도의 토공계획은 절성토의 균형으로 경제성을 확보하고 옹벽, 암거(Culvert) 등의 구조물은 공용후의 교통하중에 견디며 교통차량이 안전하고, 원활한 주행을 확보하기 위하여 포장의 기초로서의 기능을 다함과 동시에 강우, 지진 등의 자연현상으로 생기는 크고 작은 재해에 의하여 농도가 받는 피해, 농도 주변의 인명, 재산에 미치는 피해를 건설시부터 공용기간중 장기간에 걸쳐 최소한으로 하여야 한다. 또 시공중 주위의 자연 및 사회환경에 대한 배려가 필요함과 동시에 시공후의 흙구조물 자체의 주위환경과의 조화도 중요하다.

- 1) 절토 또는 구조물의 기초굴착 등으로 생기는 흙은 보통 성토에 유용하다. 그러나 그 토질이 성토재료로서 적합하지 않을 경우, 또 유용하기엔 운반거리가 멀어서 경제적이 되지 못할 경우에는 이를 다른데 활용하든가 또는 사토로 하고, 부족한 성토재료는 다른 취토장에서 보충할 것을 고려한다.
- 2) 토공은 그 대상이 자연이며 취급재료는 거의 천연의 흙이나 암이다. 흙이나 암은 장소나 상태에 따라 그 성질은 일정하지 않고, 사전조사나 실험만으로 원지반의 성질을 완전히 파악한다는 것은 곤란하다. 그러므로 시공중에 현장을 잘 관찰하고 판단하여 필요하면 토공계획의 변경을 고려하는 것이 중요하다.
- 3) 흙은 그 성질을 잘 이용함에 따라 경제적이고 안전한 구조물을 축조할 수가 있다. 또 지역성을 고려한 흙구조물은 주위의 환경과 조화가 이루어지게 되는 것이다.

### 3.13 환경계획

농도는 농촌지역의 주민생활환경 개선, 역사문화유산의 보존, 자연경관과 생태환경의 보존 및 훼손최소화와 복구 그리고 어메니티 창출 등 지역환경이 개선 정비 되도록 계획하여야 한다.

농촌은 산과 강 농과 밭의 들녘 그리고 사람이 사는 마을이 어우러져 아름다운 경관을 형성하고 있고 각종 동식물이 사람과 함께 살아가는 자연의 보고이다.

그러므로 농업생산환경과 주민생활환경의 개선향상은 물론 농촌지역에 산재되어 있는 역사문화유산을 보존하고 농도건설에 의하여 가해지는 자연환경의 훼손을 최소화하고 어쩔 수 없이 훼손된 자연을 조속히 복구하고 자연경관과 생태환경을 보존하도록 환경 정비를 계획하여야 한다. 환경정비계획시의 고려할 사항은 다음과 같다.

- ① 농촌지역 환경과의 조화
- ② 농업생산활동 및 주민 생활환경의 개선
- ③ 자연경관의 보존 향상과 어메니티 창출
- ④ 생태계 보존 및 보호를 위한 조치
- ⑤ 역사, 유적 및 문화유산의 보전

특히 농도의 경관계획과 생태환경보존을 위한 동식물의 이동통로 및 서식처 보호 시설에 대하여 세심한 배려와 시설을 계획하여야 하며 이러한 모든 계획이 농촌지역 환경과 조화를 이루고 지속되도록 계획하는 것이 중요하다.



# 제 4 장 설 계

## 4.1 일반사항

농도에서는 안정성, 내구성 및 경제성을 확보하고 차량, 보행자 등의 안전하고 원활한 교통을 도모하여야 한다.

농도의 설계에서는 지역의 자연조건, 사회경제 조건 등 외부에서 제약되는 조건을 만족하고 또 안전성, 내구성, 경제성, 시공성이 있도록 하기 위하여 복잡하게 관련되는 조건을 충분히 검토하여 합리적인 작업계획·순서에 의해서 실시해야 한다.

일반적인 작업순서는 그림 4.1과 같다.

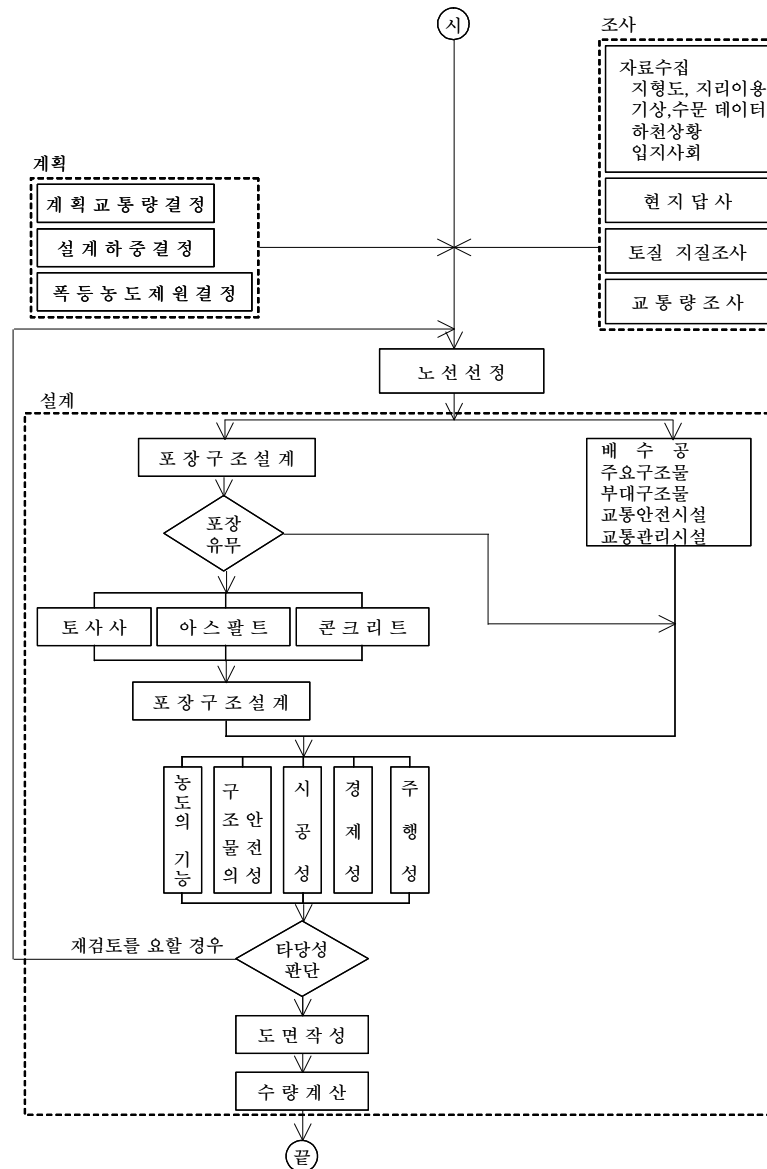


그림 4.1 설계의 순서

## 4.2 토공

### 4.2.1 일반사항

농도에서 토공은 사전조사, 지반조사 등의 결과를 바탕으로, 자연조건이나 사회조건 등의 현지조건을 충분히 고려하여 주변 환경에 조화되도록 경제성 및 시공성을 검토하고 외적하중에 충분한 안정성을 가지도록 설계하여야 한다.

토공의 설계에서는 사전에 기상, 지형, 토질, 지질, 환경, 토지이용, 관련 공공사업, 하천, 문화재, 재료 등의 각종 조사가 필요하다. 합리적인 토공의 설계를 하기 위해서는 이들의 조사결과를 종합적으로 검토하여 설계에 반영해야 하며 특히 다음 사항에 유의하도록 한다.

#### 가. 기본방침

##### 1) 자연조건이나 사회조건 등의 현지조건을 충분히 고려할 것

토공 공사는 복잡하고 다양한 조건에서 실시되기 때문에 지형에 따라 설계 조건이 다르게 되어 획일적으로 설계하는 것이 곤란한 경우가 많다. 따라서 지형이나 지질 및 기후 등의 자연조건이나 주변 상황 등의 사회적 조건을 충분히 고려하여 현지조건에 적합한 설계를 하는 것이 중요하다.

특히, 지형이나 토질 및 지질의 조사는 토공의 설계와 시공에 미치는 영향이 크기 때문에 조사 결과를 세밀히 검토할 필요가 있다. 예를 들면, 흙깎기나 흙쌓기의 비탈면을 설계하는 경우 지질조건이 유사하더라도 기상 조건이 극심한 적설한랭지인 경우는 비탈면의 기울기나 보호공 등에 한층 주의할 필요가 있다. 또한, 지형이 험준하고 절토고가 높을 때는 줄이도록 노력한다.

이 경우는 경제성이나 비탈면의 안정성에 대해서도 충분한 검토를 해 둘 필요가 있다. 또한, 토량의 균형상 순성토인 경우에는 흙깎기 비탈면의 안정성 확보도 겸하여 흙깎기 비탈면의 기울기를 완만하게 하거나 소단폭을 넓게 하는 등의 대책을 강구하는 것이 중요하다.

##### 2) 경제성 및 시공성을 중시할 것

도로 건설비에서 차지하는 비용 비율이 큰 토공에서는 경제성의 추구가 중요한 과제이다. 따라서 합리적인 설계로 가능한 한 건설비를 저렴하게 하는 것이 중요하다. 특히 흙깎기에 의해 발생하는 흙은 흙쌓기재료로 유용하게 사용할 필요가 있다. 이들 재료 중에는 흙쌓기 재료로 사용하기에 부적합한 것도 있지만 그 성질을 충분히 파악하여 적절히 사용한다면 대부분의 재료가 사용가능하며 이것은 경제성과도 직접 관련된다.

경제성을 고려할 경우, 건설비 외에 유지관리비도 포함한 종합적인 비교 검토가

필요하다. 건설비의 절감만을 고려하여 설계·시공한다면 유지관리 단계에서 예기치 않은 문제가 발생하고 그 대책에 막대한 비용이 들어 오히려 비경제적으로 되는 경우가 있으므로 주의한다.

한편, 토공 공사는 막대한 노력과 재료를 필요로 하고 지질이나 기상 등의 자연 조건에 좌우되기 때문에 시공에서는 이들 조건을 충분히 고려하여 가능한 한 효율적이고 경제적인 공법을 채용하도록 노력하는 것이 중요하다.

3) 교통하중이나 강우 등의 외적 작용에 대하여 충분한 안정성을 가질 것  
흙쌓기부의 노상이나 노체 및 흙깎기부의 노상은 포장과 일체로 되어 교통 하중을 지지하고 원활한 주행성을 확보하도록 해야 한다. 따라서 노상이나 노체의 시공에서는 포장에 악영향을 주는 부등침하가 생기지 않도록 세심한 주의를 기울여야 한다. 따라서 흙쌓기에서는 흙깎기로 발생하는 재료의 특성을 살린 세심한 다짐이 필요하다.

또한, 흙깎기나 흙쌓기부 노상에서는 충분한 지하수 대책이나 연약한 원지반의 치환이 필요하다. 또, 연약지반의 흙쌓기에 있어서는 가능한 한 시간 효과를 활용할 수 있는 합리적인 대책을 세우고 완공 후의 장기침하에도 대응할 수 있는 도로 구조로 하는 것이 중요하다.

한편, 흙깎기나 흙쌓기의 비탈면은 강우 등의 영향을 받아 붕괴를 일으키고 차량이 주행에 지장을 주는 경우가 있다. 특히, 흙깎기 비탈면은 지질이 복잡하고 불균일하므로 설계시에 충분한 조사나 검토를 하지 않으면 시공중에 문제를 일으키거나 완공 후 강우나 풍화 작용으로 붕괴를 일으키므로, 설계·시공단계에서의 충분한 안정 검토와 대책이 필요하다.

#### 4) 주변 환경과 조화를 도모할 것

흙깎기나 흙쌓기 등의 토목구조물은 교량 등의 구조물과 함께 가능한 한 주변 환경과 조화를 이루도록 설계 시공하여야 한다. 이를 위해서는 지역의 특성을 사리고 가능한 한 자연 지형을 효과적으로 이용해서 토공량을 적게 하거나 식재 등을 활용해서 변화된 지형을 될 수 있는 한 빨리 복원하는 등의 배려가 필요하다.

또한, 공사에 수반되는 소음, 진동, 먼지, 지반 변동, 수질오염, 지하수위의 변화 등에 대한 변화도 충분히 검토해서 주변 환경의 보전에 노력한다.

#### 5) 유지관리가 용이할 것

도로의 토공부는 공용후의 유지관리상 자주 문제가 되는 노면의 부등침하나 비탈면 붕괴가 생기지 않도록 배려하고, 변화가 생겼을 때 간단히 복구할 수 있는 구조로 하는 것이 중요하다.

가령, 공용 후의 보수가 비교적 곤란한 터널 출입구 부근이나 인터체인지 연결로,

단차가 생기기 쉬운 구조물 접속부나 절성토경계에서는 특히 세심한 설계 시공이 필요하다. 또, 흙깎기나 흙쌓기의 비탈면에서는 강우나 풍화에 의해 침식을 받기 쉬워 토질의 보호에 충분한 대책이 필요하며 대절토 비탈면에서는 소단과 연계하여 유지관리를 위한 점검시설을 고려하는 것도 중요한 일이다.

## 나. 토공부의 구성

농도의 토공 각부의 명칭과 표준구성은 그림 4.2와 같으며, 이들의 정의와 역할은 다음과 같다.

- 흙쌓기부 : 원지반부터 노상면까지 흙을 쌓아올린 부분
- 흙깎기부 : 원지반부터 노상면까지 원지반의 흙을 굴착한 부분
- 노체 : 흙쌓기부에서 포장 및 노상 이외의 부분을 말하며, 노상 및 포장층을 지지하는 역할
- 노상 : 포장층 아래 두께 약 100cm의 거의 균일한 토층을 말하고, 포장층에서 전달되는 교통 하중을 지지하는 역할
- 포장층 : 노면으로부터 노상 윗면까지의 부분을 말하며, 교통 하중을 지지하고 하중을 분산시키는 역할

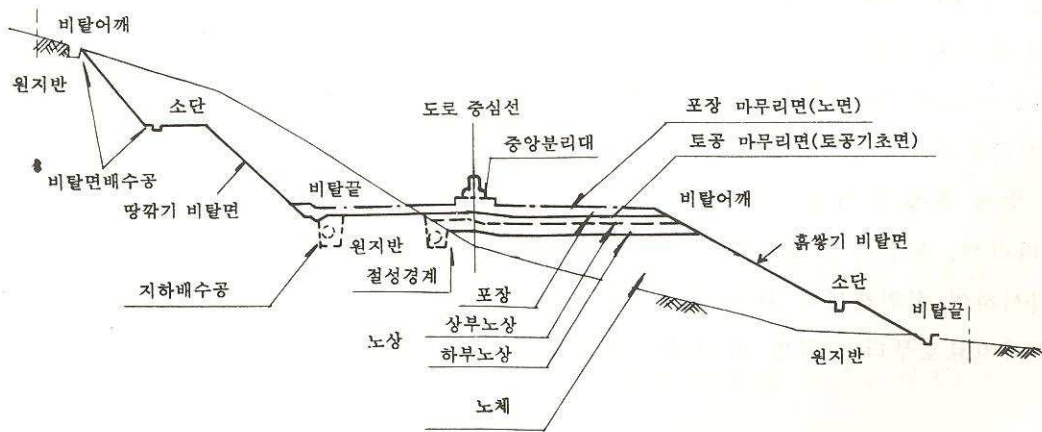


그림 4.2 토공 각부의 명칭

- 비탈면 : 흙쌓기 및 흙깎기에 의해서 형성되는 사면  
농도의 토공부는 포장과 일체로 되어 완공 후의 교통 하중이나 강우 등 심한 외부 작용에 견딜 수 있어야 한다. 따라서 토공 각부의 설계나 시공에서는 각각의 부분이 맡고 있는 기능과 역할을 충분히 이해한 후 적절한 대책을 강구해 둘 필요가 있다.

## 4.2.2 토공(노체)

농도의 토공(노체)은 경제성, 비용 편익, 주행 안정성, 환경보전, 시공성 및 유지관리 등을 포함한 종합적으로 검토하여 설계하여야 한다. 지반조사 등의 결과를 바탕으로 최적의 노선을 선정하고, 지형, 지질 및 기후 등의 자연조건과 도로, 철도, 하천 및 문화재 등의 사회적 조건을 충분히 고려하여 토공계획을 수립하고 준비하여야 한다.

### 가. 토공계획의 일반사항

토공설계의 기본적인 사항은 타당성조사 및 기본설계 단계 즉, 노선 선정시 대부분이 결정된다. 따라서, 노선 선정시에는 특히 충분한 조사와 도로, 교량, 터널 등의 전문 기술자에 의한 종합적인 검토가 필요하다.

이러한 노선선정의 단계에서는 비교노선의 검토에 필요한 상세지도 및 지질도의 입수가 곤란한 경우가 많지만 주변의 도로와 철도의 공사기록, 토지 이용도 등의 기존 자료는 설계상 참고로 되는 경우가 많기 때문에 이들을 효과적으로 이용할 필요가 있다.

또한, 항공사진은 지형도나 개략답사 등에서는 판별하기 어려운 사면활동이나 과거 사면 붕괴지, 연약지반 등을 쉽게 발견할 수 있는 경우가 있기 때문에 적극적인 활용이 바람직하다.

#### 1) 현지답사의 중요성

토공의 설계에서는 지형이나 지질의 파악이 매우 중요하기 때문에 상세한 현지답사가 필요하며 특히, 지형이나 지질이 복잡한 산악지에서의 현지답사는 매우 중요하다.

지역에 따라 토공계획에서 특히 검토해야 할 위치나 항목도 많기 때문에 주의가 필요하다. 예를 들면 대규모 연약지반에서는 노선을 피하는 것이 곤란한 경우가 많지만, ‘체체의 안정검토’에 설명된 연약지반의 하부지반이 경사진 경우는 대책상 문제가 많기 때문에 주의가 필요하다. 또한, 산악지에서는 협곡에 퇴적한 연약지반과 만나는 경우가 있기 때문에 조사시 빠뜨리지 않도록 주의한다.

#### 2) 토공계획상 주의를 요하는 장소의 특징과 유의사항

토공계획에서 큰 비중을 차지하는 것은 지형, 지질, 기상 등의 자연조건이지만, 특히 다음에 기술되는 바와 같이 주의를 요하는 장소나 공사비나 유지관리면에서 큰 영향을 미치기 때문에, 계획단계에서 충분히 검토하여 가능한 한 피하는 것이 바람직하다. 그러나 교량, 터널 등의 구조물과의 관계나 경제성 등의 측면에서 피하는 것이 곤란한 경우도 있기 때문에 신중하게 결정할 필요가 있다.

### 가) 산사태 위험지역

산사태 위험지역의 지형 지질적 특징으로는 항공사진에서 경사면 상부에 인장균열이나 무너진 것이 보이며 끝부분이 밀려나와 있다. 지형도에서 보면 등고선이 흩어진 사면활동 지형을 띄고 함몰지에 물이 고여 있을 때가 있으며 신제 3기의 이암, 응회암지대, 지질구조선에 따라 중·고세층, 변성암지대, 연천지대에 많이 발생한다.

산사태 위험지역에서 유의해야할 사항으로는 먼저 직접적인 사면활동이 확인되고 규모도 클 때는 원칙적으로 노선을 피하고, 직접적인 활동은 확인되지 않으나 지형으로부터 활동이 예상될 때는 활동 머리부분에서의 흠쌓기나 말단부에서의 흠깎기는 피하도록 한다. 또한 과거 기록이나 지역주민의 의견을 청취하고 주변시설에의 영향과 대책공사의 가능성에 대해서 검토하는 것이 중요하다.

### 나) 눈사태 위험지역

눈사태는 직설깊이가 100 Cm를 넘고 지형 경사가 30~60°의 범위에서 발생하기 쉬우며 지형적으로 경사면의 종단선형이 직선 또는 오목형일 때, 등고선이 평행 또는 아래로 파였을 때 발생되기 쉽다. 또한 관목이나 어린 나무가 많은 장소에 발생하기 쉽다.

따라서 과거에 큰 규모의 눈사태 발생사례가 있고 주변시설에 피해를 끼친 장소는 피하도록 하고 경사면에 나무가 울창할 때는 장래 벌채의 유무를 검토하여 적절히 처리한다.

### 다) 대절토 비탈면 및 경사지반 상의 흠쌓기 구간

산악지의 급경사면이나 기복이 심한 구릉지를 통과할 때는 대절토 비탈면과 경사지반위에 고성토가 발생하며 터널 갱구 주변부는 대절토 비탈면이 발생하기 쉽다. 또한 기울기가 30° 이상의 넓은 비탈면에서 흠깎기할 때에 대절토 비탈면이나 고성토가 되기 쉽다.

교량, 터널 등으로 이러한 대절토 및 고성토 비탈면을 피하기가 곤란할 때는 비탈면수를 적극 줄이는 방향으로 검토하고 특히 붕괴성 요인을 갖는 지질에서는 통과방법을 포함해서 충분한 조사가 필요하다.

또한, 지반이 연약하다고 생각되는 장소나 아래에 중요한 시설(도로, 철도)이 있는 고성토지역은 충분한 조사와 안정검토가 필요하며, 터널갱구 부근에서 대절토 비탈면이 생길 때는 장래의 방재대책도 포함해 갱구 위치의 상세한 검토가 필요하다.

### 라) 문화재 매장지역

문화재는 이미 그 존재가 인정된 것 중 중요하다고 인정되는 것은 특별사적, 사적, 시도군 지정기념물로 지정되고 있으며 역사상 유명한 지명이나 인물에 관한 사적 주변에는 매장된 문화재가 많다. 집터나 무덤 등은 언덕 모양을 하고 있어 지형도나

기존자료 등으로 판별될 수 있다.

토공 계획단계에서 사적, 명승 등의 지정기념물은 피하는 것이 바람직하며 매장 문화재는 존재의 유무, 가치의 정도 등은 발굴해 보지 않으면 알 수 없는 점이 많고 작업도 크므로 기존 자료에 의한 충분한 조사가 필요하다.

영구 보존의 필요성이 생길 가능성이 있는 장소의 흙깎기 및 흙쌓기는 피하는 것이 좋으며 문화유적 및 지표조사를 철저히 하여 설계단계에서 관계기관과 협의하는 것이 좋다.

## 나. 토공준비

### 1) 준비공

모든 흙깎기 및 흙쌓기 비탈면의 정확한 마무리를 위하여 먼저 기준틀을 정확한 위치에 설치하도록 한다.

기준틀은 비탈면 경사, 노체, 노상의 마무리 높이 등을 나타내는 것이며 토공의 기준이 되는 것이므로 정확히 그리고 견고하게 설치하도록 한다.

기준틀의 설치 간격은 직선부 또는 곡선반경이 300m이상인 지형이 복잡하지 않은 경우에는 20m로 설치하고, 지형이 복잡하거나 곡선반경이 300m 이하인 경우에는 10m로 설치하는 것을 표준으로 하되, 마무리 단계 등 필요한 장소에 추가로 설치할 수 있다.

### 2) 준비 배수

토공에 앞서 기초나 땅깍기 장소에 고인 물을 배제하고 시공하여야 한다. 또한, 시공중에도 필요에 따라 도랑 등의 배수시설을 설치하여 장소를 배수가 양호한 상태로 유지하여야 한다.

흙쌓기 재료의 함수비가 높을 때에는 규정한 다짐도를 얻기 위해서 또 흙쌓기면에서 공사용 차량이 소통될 수 있도록 흙쌓기 재료의 함수비를 저하시킬 필요가 있다.

흙깎기 현장에서 흙쌓기 재료의 함수비를 저하시키는 방법으로는 토취장에 깊은 도랑을 파서 지하수위의 저하를 도모하면서 흙깎기 작업을 진행하는 방법이 유효하다. 많은 도랑을 파두면 지하수위의 저하뿐만 아니라 강우시의 배수에도 효과적이다. 또, 작업중의 흙깎기 비탈면의 비탈어깨에서 빗물 등이 유입하여 비탈면이 침식될 우려가 있는 경우에는 이를 방지하기 위하여 비탈어깨 등에 배수구를 설치할 필요가 있다. 흙쌓기의 준비 배수는 흙쌓기 기초 지반의 배수와 시공중의 배수로 나누어진다.

기초지반의 표면이 연약한 경우에는 그림 4.3과 같이 깊이 0.5~1.0m의 도랑을 파서 막자갈 등의 투수성 재료로 채워 배수시켜서 기초지반을 건조시킨 다음 흙쌓기를 하면 흙쌓기 제 1층에서 공사용 차량이 운행될 수 있다.

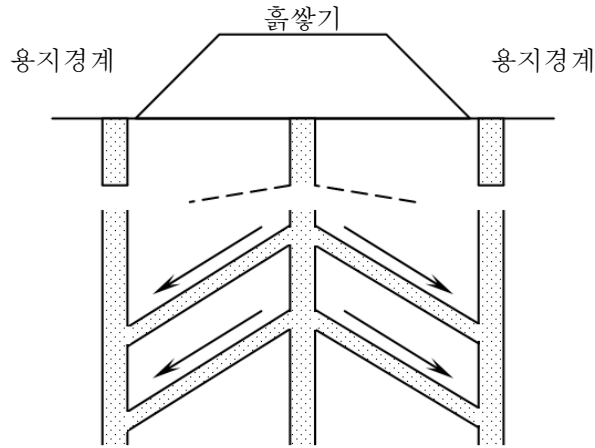


그림 4.3 흡쌍기의 준비배수

낮은 흡쌍기의 경우, 기초지반이 연약하면 교통하중에 의해 노면에 처짐이 일어날 우려가 있으므로 준비 배수는 대단히 중요하다.

높은 흡쌍기의 경우는 이와 같은 우려가 없고 흡쌍기 제 1층에서의 차량 진입이 문제가 되므로 도랑을 파서 배수까지 할 필요는 없으며, 막자갈, 모래 등의 양질의 재료로 된 두께 0.5~1.0m의 모래 부설층을 설치하여 흡쌍기하여도 좋다.

### 3) 벌개제근

가) 벌개제근이라 함은 초목, 나무뿌리의 제거, 표토 깎기를 말한다. 벌개제근의 깊이는 현장 상황에 따라 결정한다.

나) 비탈면 등에 사용할 수 있는 표토는 지시하는 깊이까지 조심스럽게 깎아서 직접 사용할 곳에 사용하거나 일정한 장소에 보관하여야 한다. 유용 표토는 나무 뿌리, 돌, 기타의 유해물을 함유해서는 안되며, 흡쌍기시에는 이들 부적당한 재료와 혼합되지 않도록 한다.

토취장과 흡쌍기에 사용되는 흡쌍기부의 초목은 절취작업에 앞서서 벌채하여 나무뿌리 및 표토 부근의 유기질토와 함께 제거한다. 이 작업을 벌개제근이라 하는데 이의 목적은 흡쌍기중에 혼입된 초목, 나무 뿌리가 장치 부식하여 부등침하, 처짐 등을 방지하기 위한 것이다. 벌개제근의 범위는 그림 4.4와 같이 흡쌍기부 외측 1m까지로 한다.

벌개제근에는 보통 불도저가 사용된다. 작은 초목은 불도저를 주행시켜서 유해한 표토와 같이 제거시키면 간단히 시공할 수 있다. 불도저로 작업할 수 있는 최소 두께(20Cm 정도)이하의 두께로 표토를 깎는 것은 불가능하므로 제거하여야 할 표토가 얇은 경우에도 설계에서는 최소 20Cm를 제거하는 것으로 한다.

벌개제근이 광범위할 때에는 그 양도 방대하므로 미리 버릴 장소를 생각해 둘 필요가 있다. 또, 벌개제근으로 제거된 토사를 공제하여 토량 배분계획을 세우지 않음



면 흠쌓기량에 부족이 생길 우려가 있으므로 주의하도록 한다.

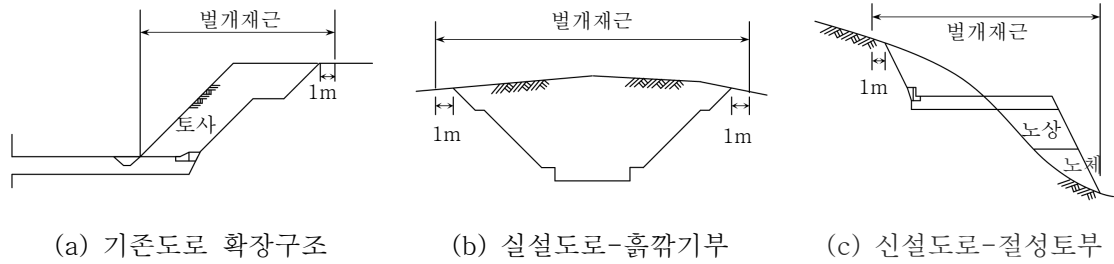


그림 4.4 별개제근의 범위

### 4.2.3 기초지반

농도의 기초지반은 소요의 지지력을 가지고 또한 교통에 지장을 주는 침하 및 변형이 생겨서는 안된다. 특히 연약지반상에 농도를 시공할 경우는 기초파괴에 대한 안전성과 압밀침하를 검토하고 필요한 대책을 강구해야 한다.

#### 가. 기초지반의 조건

농도의 기초지반은 성토, 포장 및 차량하중에 대한 지지력이 충분하고 활동에 대해서 안전하며, 교통에 지장을 주는 침하와 변형이 생겨서는 안된다.

연약한 점성토 및 이암지반(이하 연약지반이라 한다)이 아닌 보통지반상의 농도 성토는 지지력 부족, 노면에 악영향을 주는 파괴 및 침하는 거의 생기지 않는다. 또 이러한 지반의 침하는 주로 성토 등의 하중에 의한 강성적인 압밀침하로서 그 양이 적고 단기간에 종료된다. 따라서 보통지반이상의 기초지반인 경우는 이에 대한 검토를 생략해도 좋다. 그러나 연약지반의 경우는 지지력, 활동파괴 및 침하(즉시침하 및 압밀침하)등을 검토하고 필요에 따라서 그 대책을 강구해야 한다. 여기서 연약지반은 표 4.1을 기준으로 판단한다.

더욱이 지지력이 낮은 포화사질지반에서는 지진에 의하여 지반이 액상화되어 지지력을 잃는 경우도 있으므로 이를 검토해야 한다. 그러나 이때 내진설계여부는 농도의 중요도, 경제성 등을 검토하여 결정한다.

표 4.1 N치 및 콘지지력에 의한 연약지반의 판정

구 분	이탄질지반 및 점토질 지반		사질토 지반
층두께	10m 미만	10m 이상	-
N 치	4 이하	6 이하	10 이하
$q_u(kg/cm^2)$	0.6 이하	1.0 이하	-
$q_c(kg/cm^2)$	8 이하	12 이하	40 이하

## 나. 연약지반대책

### 1) 일반사항

연약지반상에 농도를 시공할 경우는 성토 등의 안정성이 부족하거나 과대한 침하가 생기면 농도자체가 큰 피해를 받을 뿐만 아니라 연도지역까지 피해를 미치는 경우가 있다. 그러므로 연약지반에서의 조사, 설계, 시공 및 유지관리시는 일반지반보다 특히 주의를 해야 한다.

이러한 연약지반상에 구조물을 시공할 경우는 지반의 지지력, 변형 및 액상화 등이 문제가 되므로 이에 대응하는 기초형식을 선정하거나 지반개량 등의 대책을 필요에 따라서 강구한다.

또 연약지반상에 대규모로 성토를 하면 지반이 침하 및 활동과괴될 염려가 있으므로 일축압축시험, 삼축압축시험 및 압밀시험 등의 실내시험을 하여 안전성을 충분히 검토해야 한다.

농도는 종횡방향 지반의 토질 및 그 두께가 불규칙하므로 부등침하가 생기지 않도록 해야 하고 또한 연약지반과 보통지반의 경계부분, 경사연약지반 및 구조물에 접한 성토에 대해서도 주의해서 부등침하대책을 검토해야 한다.

### 2) 침하에 대한 검토

일차원압밀을 받는 점토층의 최종압밀침하량 및 침하속도는 다음 방법을 이용하여 검토를 한다.

(1) 토층구조(연약한 불투수층 두께, 투수층의 위치 등), 흙의 성질(입도, 컨시스턴시, 함수비, 단위중량, 간극비 및 포화도 등) 및 지하수위 등을 조사한다. 보링, 사운드 및 토질시험 등의 결과로부터 침하계산을 하기 위한 연약지반의 두께, 하부의 경계조건(불투수층 여부)을 결정하고 층을 구분한다.

층구분시는 배수층인 모래층의 유무, 간극비, 함수비 및 단위중량 등 흙의 성질을 종합적으로 검토하여 구분한다.

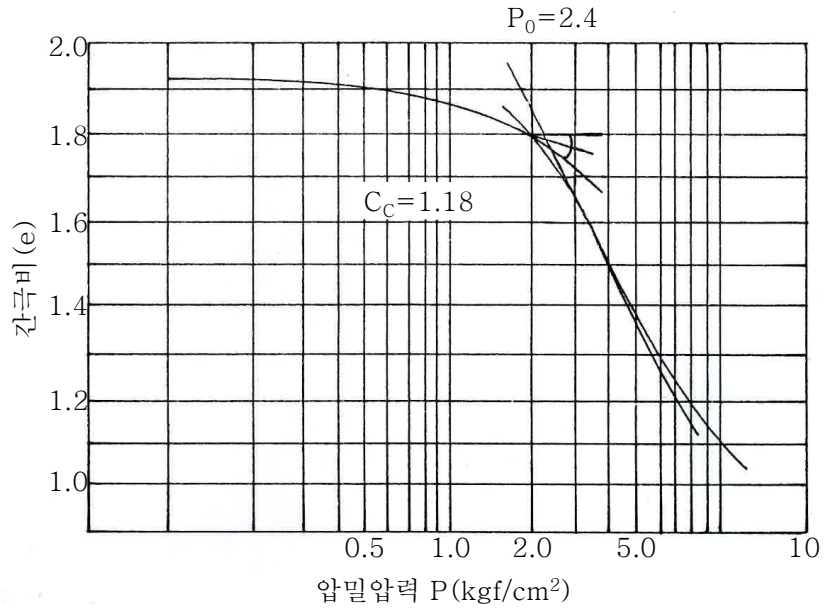


그림 4.5 e-logP 곡선

(2) 각 압밀층마다 대표적인 불교란시료를 채취하여 압밀시험을 하고 침하량계산에 필요한 간극비(e)-하중강도(p)곡선, 압밀계수( $C_v$ ) 등 체계수를 구한다.

(3) 점토층중에 생기는 유효응력( $p_1$ )을 계산하고 점토층상에 시공하는 성토에 의하여 점토층중에 생기는 증가응력( $p_2$ )을 구한다.

압밀시험결과로부터 작성한 그림 4.5의 간극비(e)-하중강도(p)곡선에서 하중강도( $p_1$ )와  $p_1 + p_2$ 에 대한 간극비  $e_1, e_2$ 를 구하고 압밀점토층의 두께(H)로부터 최종압밀침하량(S)을 식 (4.1)에 의하여 계산한다.

층을 구분한 각 압밀층마다 식 (4.1)에 의하여 최종압밀침하량을 구한 후 이를 모두 합하여 전압밀침하량으로 한다.

$$S = \frac{e_1 - e_2}{1 + e_1} \times H \quad (4.1)$$

여기서, S : 최종압밀침하량(cm)

$e_1$  : 성토시공전  $p_1$ 에 대한 간극비(그림 4.5로 구한다.)

$e_2$  : 성토시공후  $p_2$ 에 대한 간극비(그림 4.5로 구한다.)

H : 압밀토층의 두께(cm)

또 정규압밀연약점토층의 경우는 구분한 각 압밀토층의 압축지수( $C_c$ ) 또는 체적압축계수( $m_v$ )를 이용하여 각각 식 (4.2) 및 식 (4.3)으로 각 압밀토층의 압밀침하량을

구할 수 있다.

$$S = \frac{C_c}{1 + e_1} \cdot H \log \frac{p_1 + p_2}{p_1} \quad (4.2)$$

$$S = m_v \cdot H \cdot \Delta p \quad (4.3)$$

여기서,  $C_c$  : 압축지수(e-logP곡선에서 직선부분의 경사도),

$m_v$  : 체적압축계수( $\text{cm}^3/\text{kgf}$ ),

$m_v - p$ ( $p$ 의 평균치)의 곡선에서  $p = p_1 + p_2/2$ 에 대한  $m_v$ 를 구함.

$\Delta p$  : 성토에 의한 하중증가량( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

(4) 압밀이론을 기초로 압밀속도를 계산한다. 비교적 균일하고 재하면이 넓은 경우는 Terzaghi의 일차원압밀이론에 의한 압밀시험을 하고 모든 계수를 구하여 계산을 하며, 기초이론식은 식(4.4)와 같다.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (4.4)$$

여기서,  $z$  : 임의의 심도(cm),

$t$  : 임의의 시간(s)

$u$  : 과잉간극수압( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ ),

$C_v$  : 압밀계수( $\text{cm}^2/\text{s}$ )

식(4.4)를 실제문제에 적용하려면 과잉간극수압( $u$ )에 대한 초기조건과 경계조건을 정해서 해석을 하고 임의의 시각( $t$ )에 대한 심도( $z$ )의 과잉간극수압( $u$ )을 계산하여 압밀도( $U$ )를 구한다.(단,  $U = (1 - u/p) \times 100(\%)$ ).

점토층중의 초기과잉간극수압( $U$ )의 분포와 이에 대한 시간계수( $T_u$ ) 및 압밀도( $U$ )의 관계는 그림 4.6과 같다.

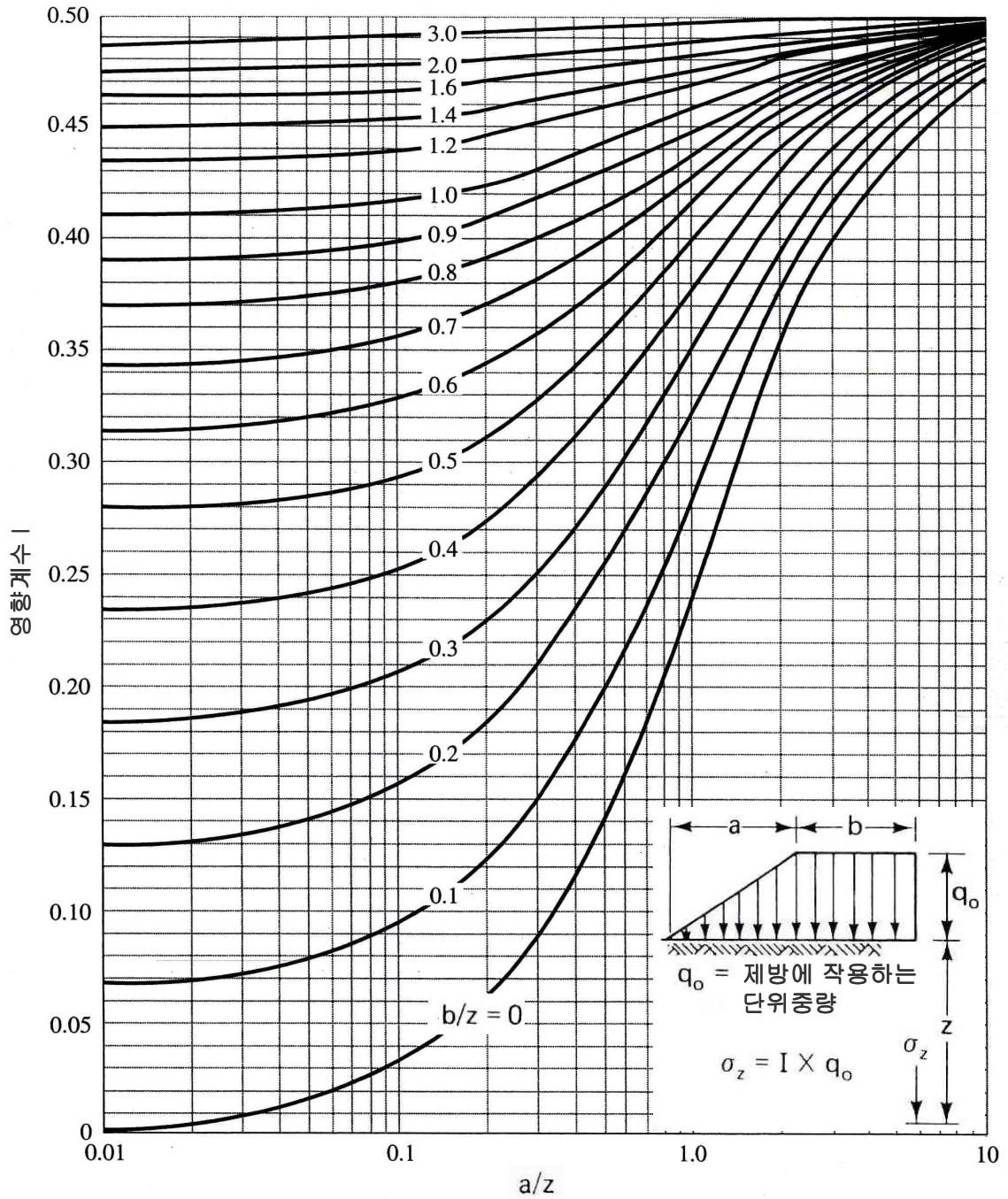


그림 참 4.1 제형하중에 의한 연직지중응력영향계수(오스터버그의 응력영향선도)

또한 시간계수( $T_u$ )는 식 (4.5)로 정의된다

$$T_u = \frac{C_u \cdot t}{h^2} \quad (4.5)$$

여기서  $T_u$ : 시간계수(그림 4.6 참조),  $C_u$ : 압밀계수( $\text{cm}^2/\text{s}$ )

$h$ : 최대배수거리로서 양면배수의 경우는 압밀토층두께( $H$ )의 편면배수의 경우는 압밀토층두께와 같다( $\text{cm}$ ).

어느 압밀도( $U$ )에 달하는데 요하는 시간( $t$ )은 식(4.6)으로 구한다.

$$t = \frac{h^2 \cdot t_u}{C_u} \quad (4.6)$$

이외에 이, 삼차원밀이론 등도 있는데 현장조건에 적합한 해석법을 선정하면 좋다.

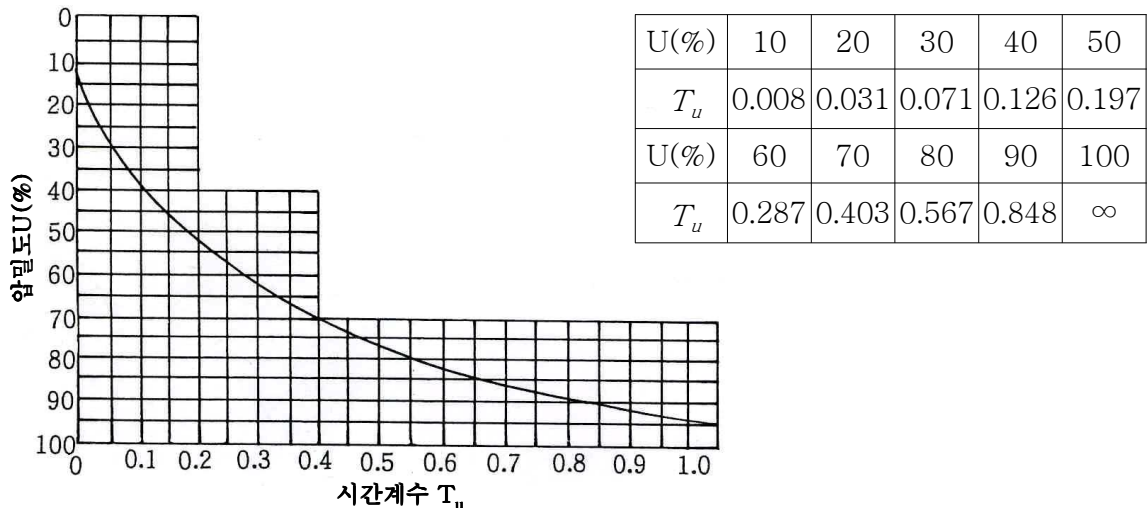


그림 4.6  $U$ 와  $T_u$ 의 관계( $\Delta U_0 = \text{일정}$ )

(5) 성토에 의하여 지반이 측방으로 이동될 위험성이 있는 경우 형상과 범위는 “도로설계요령(제2권) 제2편 11장 연약지반상의 성토”를 참조하여 주변 모든 시설에 피해를 주지 않도록 대처한다.

(6) 즉시침하량

연약지반상에 성토할 경우 지반의 등체적 전단에 의한 형상변화만으로 침하를 일으키는 경우가 있는데 이것을 즉시침하라 하며, 성토완료후는 거의 생기지 않는다.

이 즉시침하량( $S_i$ )은 식 (4.7)로 계산한다.

$$S_i = \frac{H e \cdot r_{et} \cdot N_i}{E_{50}} \quad (4.7)$$

여기서,  $H_e$  : 성토높이 (m)

$r_{et}$ : 성토의 단위중량(tf/m<sup>3</sup>)

$E_{50}$ : 연약지반층의 평균변형계수(tf/m<sup>2</sup>)

$N_i$ : 침하량(m)로서 재하폭( $B_m$ ) 및 연약지반층두께(H)를 가지고 그림 4.7을 이용하여 구한다.

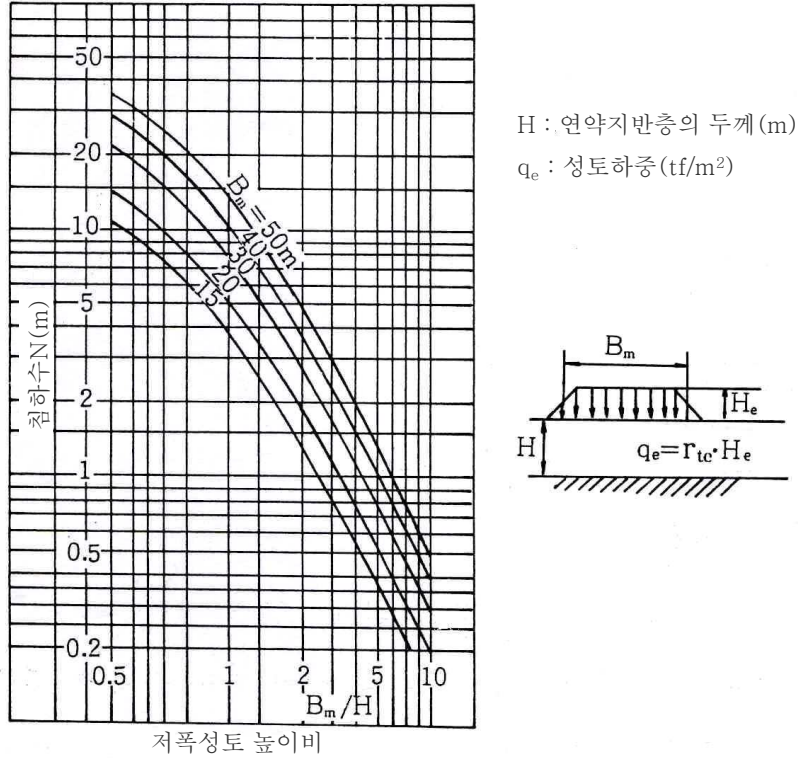


그림 4.7 침하수와 저폭성토 높이비의 관계

## 2) 액상화가능성의 검토

액상화는 느슨한 포화사질지반이 지진력에 의해 과잉간극수압이 발생하여 지지력을 잃는 현상이다. 따라서 농도의 노선이 하천부근, 사구 등의 지반을 통과할 경우는 필요에 따라서 상세한 검토를 하고 적절한 대책을 수립해야 한다.

### 가) 입도와 액상화저항력의 관계

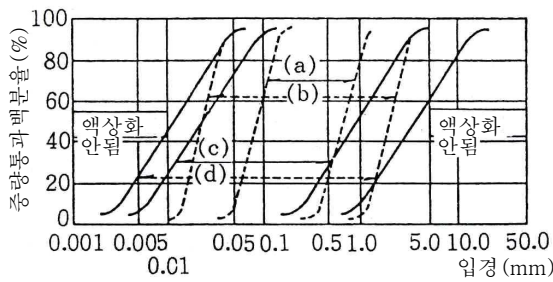
입도와 액상화저항력의 관계는 상당히 많은 실험에 의하여 구해지고 있다. 일본의 예를 들면 건축기초구조물 설계기준에서는 해당지반이 지표면하 15~20m 심도이 내에 있는 지하수위하의 사층이고 또한 실트, 점토함유량 10%이하, 평균입경  $D_{50} = 0.075 \sim 2.00\text{mm}$ (특히  $D_{50} = 0.15 \sim 1.00\text{mm}$ ), 균등계수 10이하(특히 5이하)일 경우에는 액상화를 검토하고 있다.



일본 항만구조물설계기준에서는 액상화 가능성이 있는 흙을 그림 4.5의 입도범위로 하고 있다. 또한 도로교시방서에서는 지하수위면이 현지반면에서 10m이내에 있는 충적층과 현지반면에서 20m이내 범위의 모래평균입경이  $D_{50}=0.02\sim 2.00\text{mm}$ 인 포화 사질토층은 액상화의 가능성이 있으므로 액상화관정을 유동화에 대한 저항률( $F_f$ =동적 전단강도비/지진시전단응력비,  $F_f < 1$ 이면 유동화한다.)로 하고 있다.

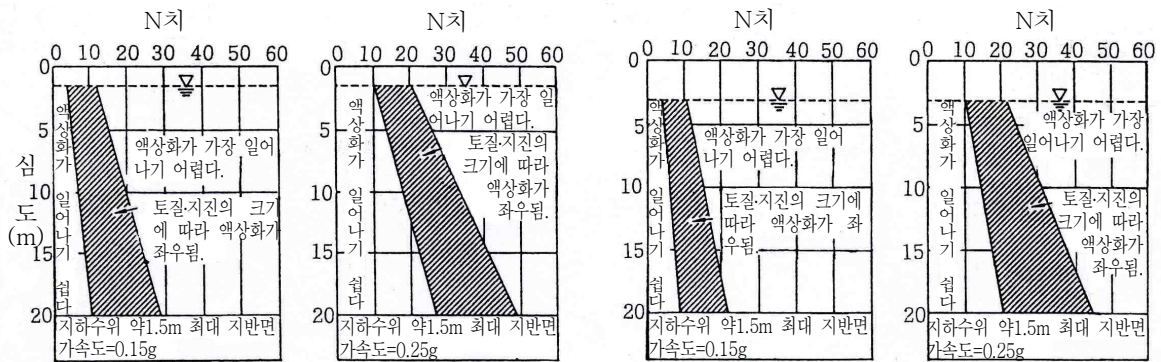
나)상대밀도, N치와 액상화의 가능성

Seed 등은 포화사질지반의 액상화 가능성에 대하여 실내시험, 현장조사 및 동적 해석 등을 하여 표 4.2의 관계를 제안하였다.



- (a) 균등계수가 작은 모래, 특히 액상화가 되기 쉽다.
- (b) 균등계수가 작은 모래, 액상화의 가능성이 있다.
- (c) 균등계수가 큰 모래, 특히 액상화되기 쉽다.
- (d) 균등계수가 큰 모래, 액상화의 가능성이 있다.

그림 4.8 액상화의 가능성이 있는 입도범위



주) g: 증력가속도( $m/s^2$ )

그림 4.9 모래의 액상화 추정도표

다) 상세예측법

장대한 성토 및 교대 등이 있는 지반으로써 액상화 가능성이 있는 사질지반이 경우는 반복삼축압축시험, 지진 응답해석 등을 하여 상세한 액상화 가능성을 판정하면 좋다.



#### 4) 연약지반 대책공법

##### 가) 대책공법의 종류와 효과

연약지반의 처리하기 위한 주요 대책공법과 효과는 표 4.3과 같이 대책공법의 종류에 따라 다르며, 동일공법에서도 목적으로 하는 효과와 부수적인 2차적 효과를 가지는 경우가 많다.

표 4.3 연약지반의 대책공법

종류	효과	공법
침하대책	압밀침하촉진 : 지반침하를 촉진하여 유해한 잔류침하량을 적게 한다.	성토하중 재하공법(프리로딩공법), 지하수위저하공법, 샌드드레인공법, 페이퍼드레인공법, 샌드매트공법
	전침하량감소 : 지반침하를 적게 한다.	샌트컴팩션과일공법, 석회말뚝공법, 치환공법, 심층혼합처리공법, 약액주입공법
안정대책	전단변형억제 : 성토에 의한 주변지반의 팽창과 측방이동을 억제한다.	표층처리공법(부설제, 첨가제에 의함), 표층배수공법, 샌드매트공법, 널막뚝공법, 타설말뚝공법
	강도증가촉진 : 지반의 강도증가에 의하여 안정을 도모한다.	완속재하공법, 성토하중재하공법, 샌드드레인공법
	활동저항증가 : 성토형상 변경, 일부 지반치환 등으로 활동저항을 증가시켜 안정을 도모한다.	치환공법, 압성토공법, 완사면공법, 매트공법, 샌트컴팩션과일공법, 석회말뚝공법, 심층혼합처리공법
	액상화방지 : 액상화를 방지하여 지진시에 안정을 도모한다.	샌드컨팩션과일공법, 바이브로후로테이션공법, 지하수위저하공법

##### 나) 연약지반대책공법의 선정

연약지반대책공법은 표 4.3과 같은 종류와 효과가 있으며, 공법선정시는 농도구조, 지반조건, 시공조건, 주변에 끼치는 영향 및 경제성 등을 종합적으로 평가하여 결정해야 한다.

##### 다) 기타 대책공법

###### (1) 편절토, 편성토부의 대책

여기서 편절토, 편성토부는 성토단면의 일부가 침하 및 안정성에 문제가 없는 지

반을 기초로 하고 잔여부분은 연약지반을 기초로 하는 성토부를 말한다. 이러한 성토에서는 연약지반의 침하 때문에 이질지반접합면에 연하여 부등침하가 생기므로 단면이 균열되어 포장이 파괴되는 경우가 많다. 이러한 장소의 연약지반층 두께는 일반적으로 계곡밀 방향으로 갈수록 두꺼워지므로 연약지반을 기초로 하는 성토부내에서도 침하차가 생기고 또한 계곡밀 방향으로 성토가 활동을 일으키는 경향이 있다. 따라서 성토부의 안정을 검토하여 위험할 때는 다음과 같은 대책을 한다.

- ① 성토와 지반경계를 잘 접합시키기 위하여 층따기 또는 지반과 성토사이의 인장제를 설치한다.
- ② 연약지반의 침하량을 감소시키고 지반의 강도를 증진시키기 위하여 샌드컴팩션과 일공법, 석회말뚝공법 또는 치환공법 등을 한다.

## (2) 경사기초상의 성토대책

여기서 경사기초상의 성토는 연약층하의 지반이 경사진 경우의 성토를 말하며, 이러한 지반상의 성토를 하면 연약층이 두꺼운 측은 침하가 크고 활동도 그 방향으로 생길 위험성이 있다. 따라서 부등침하가 활동을 촉진시킬 수도 있음으로 될 수 있는 한 침하량을 적게 하기 위하여 샌드컴팩션과 일공법, 석회말뚝공법 등을 적용한다. 이들 공법을 채용할 경우는 연약층이 두꺼운 측은 간격을 조밀하게, 얇은 측은 드물게 처리하여 침하량을 평준화해야 한다.

### 4.2.4 노체

흙쌓기는 현장에서 발생하는 흙을 효과적으로 사용하여 장래에 받게 될 외력에 대하여 안정된 내구적인 흙구조물을 구축하는 것을 목적으로 한다. 따라서 흙쌓기 구조의 대부분을 차지하는 노체는 기초지반, 재료의 특성 및 분포, 시공기계, 안정성, 시공성, 재해사고, 안정계산 등을 충분히 고려해서 경제적인 설계가 되도록 하여야 한다.

#### 가. 설계기본사항

##### 1) 기초지반 및 토질 상태 등의 파악

노체 설계시 흙쌓기부의 기초지반, 흙쌓기재료의 상태 및 분포 등을 충분히 파악해야 한다. 즉, 적합한 흙쌓기의 설계를 하기 위해서는 충분한 토질조사를 실시하여 토질의 파악에 노력할 필요가 있다. 그러나 지질 상황은 복잡하고 설계에서의 토질조사로는 불충분한 경우가 많으므로 시공단계 초기에 시험시공을 실시하고 필요에 따라 설계나 토량 배분계획 등을 변경하는 것도 중요하다.

## 2) 현장 내에서 발생한 흙의 유용

최근에는 사토장 확보의 어려움, 순성토재 입수의 어려움 등으로 현장 내에서 발생하는 굴착토가 흙쌓기재료로서 좋지 않을지라도 안일하게 사토하지 말고 다음 사항을 고려하여 가능한 한 이용하도록 노력한다.

가) 흙쌓기의 안정 및 침하 등의 장애가 없는 곳에 사용한다.

나) 흙의 안정이 염려되는 경우에는 흙쌓기 비탈면 기울기를 변경하거나 필터층을 설치하여 사용한다.

다) 흙쌓기재료는 될 수 있으면 얇게 펴서 고른 후 충분한 방치기간을 두어 대기건조가 되도록 한다.

라) 현장 내에서 발생하는 양질토와 혼합하거나 시멘트, 석회를 혼합해서 차량진입을 용이하게 한다. 또한 현장내에서 발생한 다음과 같은 흙을 유효하게 활용하도록 토량배분 등에서 고려할 필요가 있다.

(1) 표토를 식생토에 사용

(2) 투수성이 좋은 사질토 및 자갈 섞인 흙을 필터, 부설모래 등에 사용

(3) 전단저항이 크고 투수성이 좋은 암석 및 역질토는 안정이 염려되는 흙쌓기부에 사용

## 3) 박층포설 및 다짐

흙은 잘 다지면 치밀한 구조로 되어 강도, 압축성 등의 성질이 향상하고 외력에 대한 저항이 크게 되어 보다 높은 안정성을 갖는다. 흙쌓기부의 안정성을 장기간 확보하거나 완성후의 노면에 악영향을 미치는 압축침하를 작게 하기 위해서는 토질에 적합한 시공기계를 사용하여 수평으로 박층포설하여 균일하게 다지는 것이 중요하다.

## 4) 지하배수 및 공사중의 표면 배수처리

흙쌓기부의 비탈면 붕괴가 많은 것은 지하수, 강우, 폭설의 침투수 등에 의한 흙쌓기부내 지하수위(간극수압)가 원인이고 그 중에서도 계곡, 습지부, 경사지반 등의 용수처리가 큰 문제가 된다. 이 때문에 이러한 곳에서는 계절적인 용수 상황, 적절한 물의 이용 상황, 기초지반의 지층(투수층, 불투수층) 상황 등 용수에 관한 정보를 파악하고 적절한 지하 배수공을 설계, 시공할 필요가 있다.

한편 공사 중의 표면수 처리는 흙쌓기부의 품질향상, 시공성의 확보, 용지 외로 토사·탁수의 유출방지 등이 아주 중요하므로 설계 및 시공계획 단계에서 다음 사항에 대하여 충분히 배려할 필요가 있다.

가) 비탈면 침식 또는 오수가 용지 외로 유출되는 것을 방지하기 위해 배수시설을 완비한다.

나) 흙쌓기 각층의 시공에 대해서는 4% 이상의 횡단기울기를 설치하고 매일 작업 종료시에는 표면을 평탄하게 마무리하여 배수를 양호하게 한다.

### 5) 기상과 토질

강우나 기온 등의 영향을 받기 쉬운 세립토(실트, 점토 등) 및 세립분이 많은 사질토는 장마철과 겨울에 시공성이 악화되고 차량의 진입이 문제가 되는 경우가 있어서 기상조건이 좋은 여름철에 가능한 한 시공하도록 배려하는 것이 바람직하다.

### 나. 노체재료의 품질 및 다짐

노체에 사용하는 재료의 품질 및 다짐은 표 4.4를 표준으로 한다.

표 4.4 노체의 재료의 품질 및 다짐

항목	공종	노체		시 험 법
		토사 <sup>1)</sup>	암괴 <sup>2)</sup>	
지방 최소 밀도에서의 수침 CBR		2.5 이상	-	KSF 2320
다짐도		90% 이상	시험시공에 의해 결정	KSF 2312 A-1, B-1 C-1, D-1
시공함수비	다짐시험방법에 의한 최적함수비 부근과 다짐 곡선의 90% 밀도에 대응하는 습윤측 함수비 사이		자연함수비	
시공층 두께		30cm 이하	시험시공에 의해 결정	한층의 마무리 두께

주 1) 토사란 암괴에 해당하지 않는 일반적인 흙쌓기재료를 말한다.

2) 암괴란 단단한 암석으로 된 지반을 흙깎기 또는 터널굴착을 했을 때 발생하는 암석조각을 말한다.

3) 이암, 혈암, 응회암 등의 재료를 사용한 흙쌓기 중에는 시공 후 큰 압축침하를 일으키는 것이 있으므로 충분한 대책을 강구해야 한다.

#### 1) 최대크기

30cm 이상(30cm~100cm)의 암괴는 다짐기계를 사용하여도 충분히 다져지지 않아 필댐이나 도로 흙쌓기에서 압축침하가 생기기 쉽다. 이 때문에 암괴를 재료로 사용한 흙쌓기에 대해서는 시공층 두께에 상응하는 대형 다짐기계를 사용하는 것을 전

제로 하고 최대 크기의 규정은 두지 않는 것으로 한다. 그러나 시공성 등에서 최대크기는 60cm 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한 박층으로 세밀히 시공하는 것이 보다 안정된 흙쌓기로 되기 때문에 입경이 작아지도록 굴삭시에 배려하는 것을 잊지 말아야 한다.

한편 토사에 대해서는 30cm 이상의 큰 덩어리가 혼입되어 있는 비율이 아주 적기 때문에 그것이 원인으로 되어 관리에 지장을 초래한다고 생각하기 어려우므로 최대크기의 규정은 특별히 두지 않는 것으로 하였다. 단, 30cm 이상의 전석이 다량으로 유입된 토사에 있어서는 시공성이나 경제성을 고려한 후 전석의 처리방법을 결정할 필요가 있다.

## 2) 수정 CBR

가) 노체는 다음의 이유로 인해 수정 CBR 2.5 이상의 재료를 사용하는 것이 바람직하다.

(1) 노상의 바로 아래면은 노상 및 포장 시공시의 교통하중의 영향을 다소라도 받기 때문에 이 부분의 강도를 규제하는 것이 일반적으로 경제적이다.

(2) 노상은 충분한 다짐을 필요로 하기 때문에 그 다짐의 기초가 되는 노체는 작고 가벼운 견인식 타이어 로울러로 전압이 가능한 강도 즉, CBR 2.5 이상인 지지력을 필요로 한다. 단, 현장 내에서 발생하는 흙의 수정 CBR 2.5 이하인 경우는 안정처리대책을 강구하여 사용해도 무방하다.

나) 노체에 있어서 수정 CBR값은 흙의 다짐 시험법(KSF 2312)에 따라서 구한다.

## 3) 다짐도

### 가) 흙의 다짐도

(1) 흙의 다짐도는 KSF 2312 A-1, B-1, C-1, D-1의 방법에 따라 실시한 최대 밀도의 90% 이상을 목표로 한다. KSF 2312의 방법은 19mm체 잔류량이 30%이하인 재료에 대해서 실시할 수 있는 방법이며 30%를 초과할 경우는 다음 식에 따라 최대 밀도를 추정할 수 있으며 50%를 초과할 경우에는 이 보정식을 사용할 수 없다.

$$X = \frac{100}{\frac{(100-P)}{M} + \frac{P}{S}} \quad (4.8)$$

여기서,

X : 최대건조밀도

M : 19mm체를 통과한 재료의 최대건조밀도

P : 19mm체 잔류율

S : 19mm체에 잔류한 골재의 비중

또한 75 $\mu$ m(#200)체의 통과량이 20~50%일 때는 공기간극률(Va) 15% 이하, 통과량이 50% 이상일 때는 공기간극률 10% 이하를 목표치로 한다.

이러한 목표치는 노체가 확보해야 할 평균적인 품질이며 실제 시공관리에서는 이러한 품질이 확보될 수 있도록 측정방법, 측정빈도에 따라 적정한 관리기준치를 설정해야 한다.

(2) 규정된 다짐도는 만족하지 않지만 노체로서 충분한 강도( $q_c \geq 10$ 정도)가 확보될 수 있는 경우, 다짐관리 기준은 별도의 시험시공 등에 따라서 결정할 수 있다.

#### 나) 압괴의 다짐도

압괴는 토사와 같이 건조밀도에 의한 다짐도 관리가 곤란한 재료이다. 이러한 재료에서는 시험시공을 하여 밀도나 표면 침하량 등으로부터 다짐기계나 다짐횟수 등을 결정한다.

표 4.5 압괴재료의 층당 마무리 두께에 따른 다짐기계의 선정

1층당의 마무리 두께	다짐기종(기진력표시)	비고
30cm 이하	진동로울러 5t 이상(단 진동로울러가 적당치 않은 재료에서는 타이어로울러 15t 이상)	진동륜이 2축인 것에 대해서는 공칭기진력 1축으로 환산해서 평가할 것
30~60cm	진동로울러 13t 이상	
60~100cm	진동로울러 20t 이상	

또, 일상관리는 타코메타, 태스크메타 등에 의해 하는 것이 바람직하다. 이 방법으로 흙쌓기를 시공하는 경우에는 다짐 기종의 선정이 마무리 품질을 크게 좌우하기 때문에 표 4.2에 표시한 기종을 사용하는 것을 표준으로 한다.

#### 4) 시공 함수비

단기간에 대량의 토공공사를 실시해야 하는 도로 토공에 있어서는 대폭적인 함수비 조절은 곤란하므로 노체부의 시공함수비는 다짐시험방법에 의한 최적함수비 부근과 다짐곡선의 90% 밀도에 대응하는 습윤측 함수비를 기본으로 한다.

#### 5) 시공층 두께

토사 다짐시 한 층당 마무리 두께는 ①다짐 결과 ②시공성 ③균일성 등을 고려하여 30cm 정도를 원칙으로 한다.

단, 압괴를 다질 때에는 표 4.2에 표시한 바와 같이 다짐기계를 사용하는 것을 전

제로 한 층당 마무리 두께는 압괴 최대입경의 1~1.5배를 목표로 하여 시험시공으로 결정한다. 단, 얇은 층으로 시공하면 흠쌓기의 품질은 향상하기 때문에 시공층 두께는 얇게 한다.

#### 6) 압축성이 큰 재료의 다짐

이암, 세일, 응회암, 편암 등의 연암재료를 사용한 흠쌓기 중에는 시공 완료 후 장기간에 걸친 지하수위 변동 등의 작용을 바다 세립화되어 큰 압축침하를 일으키는 일이 있다. 따라서 압축성이 큰 재료에 대해서는 지장이 적은 흠쌓기부에 사용하는 것을 검토하고 동시에 큰 압축침하가 생기지 않도록 충분히 파쇄한 후 다짐하도록 한다.

#### 7) 전석을 포함한 토사

전석을 포함한 토사는 함유되어 있는 전석의 양이나 크기 등에 따라 시공방법이 다르다. 전석의 입경이 작은 경우 또는 크더라도 혼입 비율이 작아 시공상 문제가 없다고 판단되는 경우에는 일반 토사시공과 같게 하고 공극이 생기지 않도록 주의하여 다짐할 필요가 있다.

입경이 큰 전석(30cm 이상)을 많이 함유한 토사의 경우에는 압괴에 따라 시험시공을 하여 시공방법을 검토하는 것으로 한다. 그 밖에 전석 제거나 파쇄가 필요한 경우에는 시공성이나 경제성 등을 충분히 고려해서 전석의 처리방법을 결정할 필요가 있다.

#### 8) 석탄회 등의 산업부산물

최근 그 처리방법이 문제가 되고 있는 석탄회, 고로슬래그, 탄광 또는 광산에서의 선광 작업 후 잔류분 및 기타 산업부산물이 노체재료로 사용될 수 있다. 이러한 경우에는 이들 재료의 다짐 후 물리적 성질이 도로의 노체재료로 적합해야 하고 지하수 오염 등 주위환경에 미치는 영향을 검토하여 사용하여야 한다.

특히 석탄회를 노체재료로 사용하는 경우에는 한 층당 다짐두께가 30cm 이하 또는 다짐 후 마무리 두께를 15cm로 하여 다짐효과가 충분히 전달되도록 하고, 지지력이 부족할 경우 이를 증가시키는 방법으로써 일정량의 저회(Bottom Ash)나 기타 안정제를 혼합하는 방법들이 강구될 수 있다. 안정제를 혼합한 석탄회나 자경성(自硬性)이 있는 석탄회의 경우에는 지체시간이 석탄회의 다짐과 강도에 영향을 미칠 수 있기 때문에 물의 첨가와 다짐 작업 사이의 시간 간격을 줄이는 것이 중요하다.

#### 4.2.5 흙쌓기(성토)

흙쌓기 비탈면은 비탈면 기울기의 선정, 소단의 설치, 식생토의 필요성, 비탈면 전압 방법, 비탈면 배수처리 등의 기본적 사항을 충분히 검토한 후 설계한다.

##### 가. 일반사항

흙쌓기 비탈면은 비탈면 기울기의 선정, 소단의 설치, 식생토의 필요성, 비탈면 전압 방법, 비탈면 배수처리 등의 기본적 사항을 충분히 검토한 후 설계한다. 비탈면 기울기의 선정에 관해서는 흙쌓기 재료, 흙쌓기부의 기초지반 상황, 흙쌓기부의 지형적 위치 및 그 주위의 지형, 토질, 기상, 방재(특히 집중호우) 등을 충분히 고려한 후에 결정하여야 한다.

##### 나. 흙쌓기 비탈면 기울기

흙쌓기 비탈면 기울기는 흙쌓기 재료의 종류 및 흙쌓기 높이에 따라서 표 4.6의 값을 표준으로 한다.<sup>1)</sup>

표 4.6 흙쌓기재료 및 흙쌓기 높이<sup>2)</sup>에 따른 표준 비탈면 구배<sup>2)</sup>

흙쌓기 재료	흙쌓기 높이 (m)	구 배	흙의 분류
입도분포가 좋은 모래	0~6	1 : 1.5	GW, GP SW, GM, GC
자갈 및 자갈 섞인 모래	6~15	1:1.8	
입도분포가 나쁜 모래	0~10	1:1.8	SP
암괴, 암버럭	0~6	1:1.5	SW, GP, GM
	6이상	1:1.8	
사질토, 굳은 점질토, 굳은 점토(홍적층 점성토, 점토 등)	0~6	1:1.5	SM, SC, CL
	6이상	1:1.8	
연약한 점성토	0~6 <sup>3)</sup>	1:1.8	CH, OH, ML, MH

주1) 표는 기초지반의 지지력이 충분하고 침수의 영향이 없고, 식생에 의한 비탈면 보호공을 전제로 결정된 것이다.

2) 흙쌓기 높이는 길어깨에서 비탈끝까지의 수직 높이를 말한다.

3) 표는 표준 기울기를 나타낸 것이며, 토량과 현지 상황 및 필요에 따라 변경할 수 있다.



1) 흙쌓기 비탈면 기울기는 엄밀하게 말하면 안정 검토에 의해 결정 될 수 있는 것이지만, 표 4.3에 표시한 비탈면 기울기를 사용하면 경험적으로 흙쌓기가 안정하다고 할 수 있다. 따라서, 표준치의 범위 내에 있는 경우에 안정 검토는 생략해도 좋다.

2) 구조물 뒤채움부에서는 붕괴를 일으키기 쉽기 때문에 구조물 등에 의한 보호공도 포함하여 경제성을 충분히 고려한 비탈면을 결정하는 것이 바람직하다.

#### 다. 흙쌓기 비탈면의 다짐

흙쌓기 비탈면은 흙쌓기 본체와 동시에 대형 다짐기계를 사용하여 균일하게 다짐하는 것을 원칙으로 한다.

##### 1) 비탈면 다짐

###### 가) 불도저 등에 의한 비탈면의 다짐

이 방법은 흙쌓기의 전폭을 1층마다 다짐하고 1~3층 올라갈 때마다 불도저 등으로 비탈면을 상하로 주행시켜서 비탈면을 다지는 시공 방법이다.

###### 나) 인력과 소형 기계에 의한 비탈면의 다짐

소규모 비탈면, 구조물 뒤채움 등은 인력 시공에 의한 경우가 많다. 이 시공방법은 흙쌓기 본체를 구성한 후 비탈면에 흙을 보충하면서 진동 램머, 진동 평판, 진동 로울러 등의 소형 다짐기계를 사용하는 시공방법이다.

###### 다) 흙쌓기폭보다 넓게 완성하고 후에 굴착·정형하는 방법

이 방법은 흙쌓기폭 보다 여유있게 흙을 쌓아 다짐이 불충분한 흙쌓기 단부를 드래그라인, 트럭 쇼벨로 절취해서 정형하는 시공방법이다. 이 시공법은 흙쌓기 용지폭이 여유가 있는 경우, 부채도로가 있는 경우 등에 효과적인 방법이지만 너무 많이 절취하지 않도록 주의해야 한다.

##### 2) 암성토의 비탈면 마무리

1)에 의한 비탈면 다짐을 할 수 없는 암성토의 비탈면 마무리는 암괴가 비탈면으로부터 굴러 떨어지지 않도록 트럭 쇼벨 등을 사용해서 암괴를 안정된 위치로 이동시키고 충분히 두드려 마무리할 필요가 있다.

##### 3) 비탈면 시공시 주의사항

가) 비탈면 붕괴는 비탈면 표층부의 불균일한 다짐에 의한 것 외에 배수공의 수로기울기가 급변하는 곳에서 유수에 기인하는 것, 종단 기울기의 오목부, 절성경계부, 구조물과의 접속 부근, 경사지반상의 흙쌓기, 투수성이 큰 노체재료, 현장 내 공사용도로 등에서 강우에 의한 침투수, 용수 등의 불충분한 처리 등에 기인하기 때문에 주의를 요한다.

나) 눈이 많은 지역에서는 초봄의 눈 녹는 물에 의한 비탈면 침식, 표토의 붕괴가 일어나기 쉬워서 침출수, 지하수 등의 처리를 충분히 하는 것이 필요하다.

다) 평면선형이 곡선부이고 종단기울기가 오목부로 되어 물이 고이기 쉬운 장소에 식생토를 시공한 경우에는 강우 등에 의한 침투수가 집중하여서 비탈면 붕괴를 일으키는 예가 많다. 이러한 장소에는 지하 배수공을 설치하는 등의 대책이 필요하다. (그림 4.10 참조)

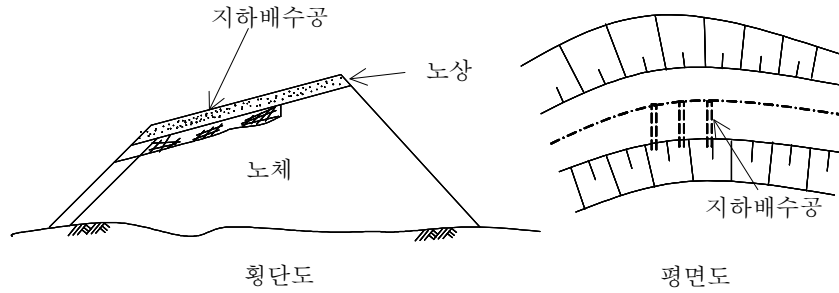


그림 4.10 물이 고이기 쉬운 장소에서의 배수대책

흙쌓기부의 기초지반처리는 흙쌓기부의 안정을 좌우하는 중요한 사항이므로 불안정한 기초지반이 있다고 예상되는 경우에는 상세한 현지조사를 포함한 토질조사를 실시해서 토질의 상태와 분포를 파악하고 필요에 따라 적절한 대책을 강구해야 한다.

(1) 토질조사 등의 결과에 의해 흙쌓기의 안정에 영향을 미치는 불안정한 지반(연약지반 및 산허리 붕괴지, 낭떠러지, 산사태 등의 경사 불안정지반 등)인 것이 판명되었다면 그 규모 등에 따라 적절한 대책공을 실시하게 되지만, 여기서는 비교적 간단한 표층부의 처리에 대해서 기술하며, 규모가 큰 것에 대해서는 ‘연약지반상의 흙쌓기’ 및 ‘산사태 대책’ 등을 참고한다.

(2) 표층에 고함수비의 연약층이 존재하고 있어서 시공 기계의 진입이 곤란하고 흙쌓기재료를 충분히 다질 수 없는 경우에는 흙쌓기 지반에 그림 4.11과 같은 골을 파서 흙쌓기 부지 밖으로 배수하여 흙쌓기 부지를 건조시킨다. 경우에 따라서는 골에 모래, 막자갈 등을 채워서 흙쌓기 후의 지하수 배수를 꾀하는 것이 바람직하다. 또한, 상기의 대책공에서 차량의 진입이 곤란한 경우에는 모래 등을 포설하여 지반처리를 해도 좋다.

(3) 흙쌓기부 내에 용수가 있는 경우에는 제체 속으로 침입하는 것을 방지하기 위해 지하 배수공 등을 설치하여 흙쌓기부 밖으로 배수해야 한다.

(4) 기초지반 내에 폐갱 등의 공동이 있는 경우에는 사전에 충분히 조사할 필요가 있으며, 채움 등의 적절한 조치를 취할 필요가 있다.

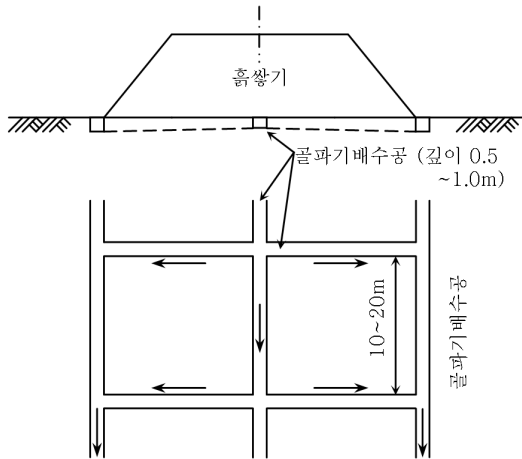


그림 4.11 골짜기 배수공의 예

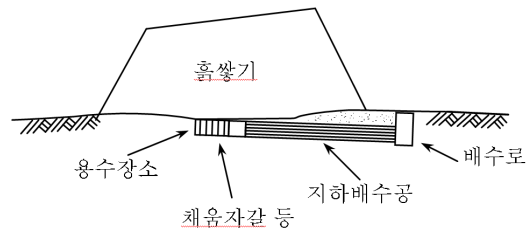


그림 4.12 용수처리 예

### 라. 흙쌓기부의 배수대책

흙쌓기부의 붕괴는 침투수 및 용수가 원인이 되어 발생하는 경우가 많다. 이러한 붕괴를 방지하여 흙쌓기의 안정을 도모하기 위해 필요에 따라 필터층 및 지하 배수공 등의 배수시설을 설치하여 침투수, 용수 등을 적절히 처리하도록 한다.

1) 흙쌓기의 붕괴 원인 중 대부분은 지하수, 강우, 용설수 등의 침투수에 기인되기 때문에 계곡, 경사지반, 원지반 등에서의 용수처리가 기본적인 대책이고, 이를 위해서는 광범위한 답사를 실시하고 투수층, 불투수층을 파악하는 것이 중요하다. 또한 원지반에서의 용수는 시공중에 최초로 알게 되는 경우가 많기 때문에 시공중 관찰, 비가 내린 후의 관찰이 중요하다.

2) 흙쌓기 설계에서 지하수의 처리가 흙쌓기의 안정에 큰 영향을 미치게 되므로 투수성이 양호한 현지 발생 재료의 이용 및 지하 배수공 등으로 흙쌓기 내의 지하수를 처리하는 것이 흙쌓기 붕괴 방지의 기본적인 대책이 된다.

3) 흙쌓기의 안정상 문제가 되는 흙쌓기 재료를 사용하는 경우, 또는 비탈끝 근처에 중요시설이 있는 고성토의 경우에는 필요에 따라서 필터층으로 된 비탈끝 배수공을 설치해서 지하수위 및 간극수압을 저하시켜 흙쌓기의 안정성 향상을 꾀하는 것이 바람직하다. 또한, 기초지반(원지반)으로부터 용수가 있는 경우에는 제체 속으로 침입되지 않도록 하기 위해 지하배수공 및 비탈끝 배수공(그림 4.13 참고)을 설치하도록 한다.

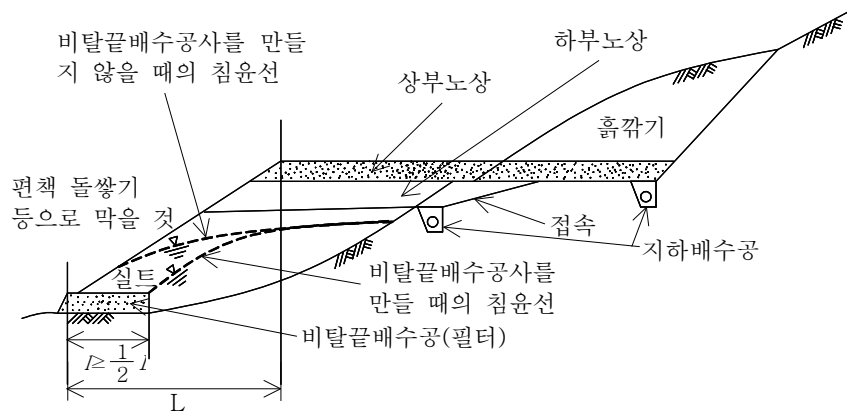


그림 4.13 비탈끝 배수층의 설치예

가) 필터층에 사용하는 재료는 특수성이 양호한 쇄석, 모래 및 이것에 상응하는 것을 사용하는 것으로 한다. 필터의 길이(L)는 소단 간격(H)의 1/2 이상을 표준으로 하지만 ‘4.4.2 흙쌓기의 안정 검토’에 의한 활동면을 가정할 수 있는 경우는 가상활동면을 고려하여 결정하며, 종단 방향으로 현장 조건에 따라 연속 또는 불연속적으로 설치한다.

위치는 소단마다 설치하는 것을 표준으로 하지만 상황에 따라서 변경해도 좋다. 쇄석 또는 모래를 사용하는 경우의 필터 두께는 30cm를 표준으로 하고 재료는 현지 발생 재료를 유효하게 이용하도록 한다. 필터층의 효과를 충분히 높이기 위해서는 시공시에 필터를 평면 시공하여 평탄성을 유지하고, 또한 배수 기울기(4~5%)가 취해지도록 시공하는 것이 중요하다.

나) 지하 배수공의 구조는 용수의 상태, 지형, 토질 등을 고려해서 결정하는 것으로 한다.

배수 거리는 가능한 한 단거리로 배수가 가능하게 하고, 배수 끝부분의 접속을 확실하게 한다. 또한, 지하 배수공의 배치는 공사중에 흙쌓기의 변위, 의외의 파손 및 뒤채움 등을 고려해서 배수공이 접속(망의 형태로 배치되도록 계획)되도록 설계 및 시공하는 것이 바람직하다.

다) 고성토 및 용수로 인해 비탈 하단부가 불안할 때는 비탈끝 배수공을 고려하여 비탈끝 부분의 안정을 도모할 필요가 있다.

4) 편절편성에는 원칙적으로 노체면 또는 흙깎기면에 지하 배수공을 설치하도록 한다. 또 용수가 없는 경우도 계절 및 기후에 따라 용수가 생기는 경우가 있어 절성 경계는 토공면에 내린 우수 등이 흙쌓기와 원지반과의 경계를 따라 흐르기 때문에 주의를 요한다.

또한, 원지반이 투수성인 층과 불투수성의 층으로 되어 있는 경우에는 투수층의 저면에도 지하 배수공을 설치할 필요가 있다.(그림 4.14 참조)

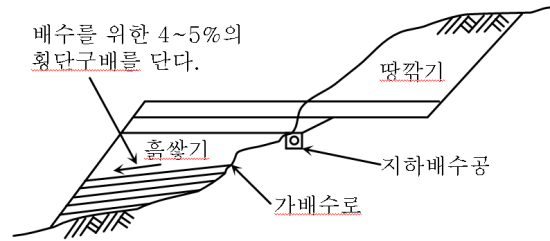
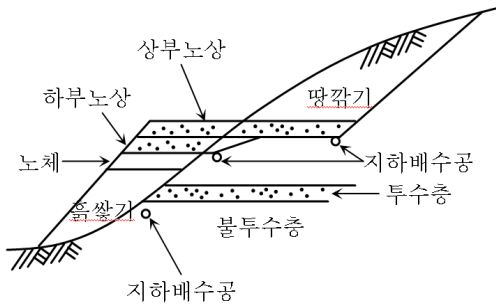


그림 4.14 편절편성부에서 지하 배수공의 설치 예 그림 4.15 시공중 표면배수의 예

5) 편절편성의 흙쌓기에서는 시공중에도 배수시설이 해야 할 역할은 중요하다. 그림 4.15는 시공중 배수 예를 나타낸 것이다. 절성경계에 설치하는 가배수로는 흙쌓기 시공중에는 순차적으로 위로 이동하면서 설치하고, 흙쌓기 완성시에는 지하 배수공을 설치하여 편절편성의 배수를 하도록 한다.

6) 용수 위치가 많은 경우에는 그림 4.16과 같이 흙쌓기와 원지반의 경계에 지하 배수용 필터를 설치하여 체체 속으로 물이 침투하지 않도록 하는 것이 바람직하다. 설계에서는 필터 재료로 적절한 투수성이 좋은 흙과 모래를 섞은 것을 30cm 두께 정도로 고르게 설치하든가 용수량에 따라서는 유공관을 매설할 필요가 있다.

7) 그림 4.17과 같은 오목부에 흙쌓기하는 경우에는 오목부를 매립하여 표면에 배수공을 설치하고 흙쌓기 저부를 통과하는 충분한 배수층을 설치하는 등의 대책이 필요하다.

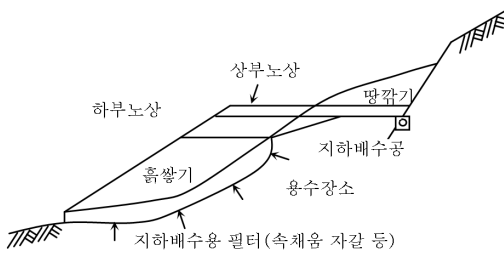


그림 4.16 지하배수용 필터의 설치 예

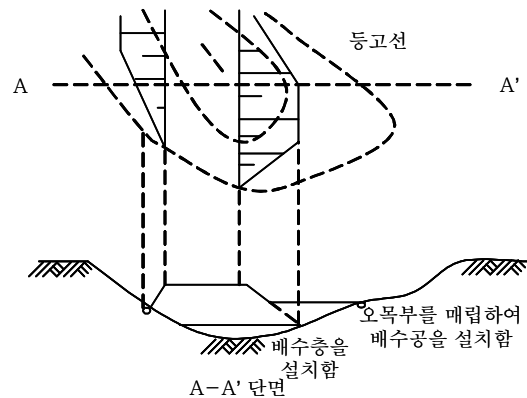


그림 4.17 오목부의 배수대책 예

### 마. 경사 지반상의 흙쌓기

#### 1) 층따기

1:4보다도 급한 경사를 가진 지반 위에 흙쌓기를 하는 경우에는, 원지반 표면에

층따기를 실시하여 흙쌓기와 원지반과의 밀착을 도모하고, 소규모의 지반의 변형과 활동을 방지해야 한다.

가) 1:4보다도 급한 경사지 위에 흙쌓기하는 경우 그림 4.18과 같은 층따기를 하여 흙쌓기와 원지반과 밀착되도록 하고 흙쌓기의 활동을 방지하여야 한다.

나) 경사지반 상의 흙쌓기에서는 물이 흙쌓기와 기초지반과의 경계에 침입하여 흘러 내려서 활동을 일으킬 때가 있다. 이것을 방지하기 위하여 그림 4.18에서와 같은 위치에 배수구를 설치하여 지표수를 배수시켜야 한다. 또, 층따기면에는 시공중의 배수를 위하여 3~5% 경사를 붙인다. 기초지반에 용수가 있는 경우에는 원지반에 접한 흙쌓기 부분에 투수성의 재료를 사용하거나 배수층을 설치하여 배수하며, 비탈끝에는 흙쌓기가 붕괴하지 않도록 돌쌓기 등을 설치한다.

다) 층따기의 표준치수는 다음과 같다.

(1) 기초지반이 토사인 경우

- ① 최소높이 : 50cm
- ② 최소폭 : 100cm

(기계 토공시는 3m 이상)

(2) 기초지반이 암석인 경우

층따기 깊이는 암표면으로부터 수직으로 최소 40 cm

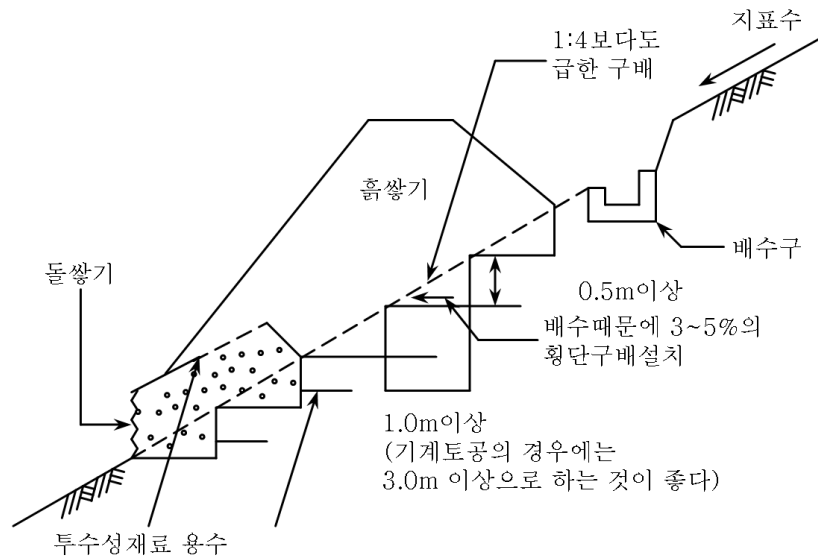


그림 4.18 비탈면 흙쌓기의 층따기

## 2) 편질편성부

편질편성부에서는 흙쌓기단부에서 흙쌓기부 노상 저면의 깊이까지 깎는 것을 원칙으로 하며, 1:4 정도의 경사로 흙쌓기부 노상 저면에 접속시킨다. 이 흙쌓기 부분은 흙쌓기부 노상 재료와 같은 재료로 되메우고, 소정의 다짐도로 균일하게 다져야 한다.

편질편성부에서는 단차가 생겨서 포장에 균열이 일어나기 쉽다. 그 원인으로서는 다음 사항을 들 수 있다.

- ① 흙깎기부와 흙쌓기부의 지지력이 불연속적이고 불균등하게 된다.
- ② 흙깎기부와 흙쌓기부의 경계에서 지표수, 용수, 침투수 등이 집중하기 쉽고, 이로 인해 흙쌓기가 약화되어 침하한다.
- ③ 경계부의 흙깎기는 다짐이 불충분하게 되기 쉽기 때문에 흙쌓기부는 압축에 의한 침하를 일으킨다.
- ④ 편질편성에 있어서는 기초지반과 흙쌓기의 접착이 불충분하게 되기 쉽고, 따라서 지반의 변형과 활동에 의한 단차가 일어나기 쉽다.

이와 같은 이유로 단차가 생겨서 포장에 균열이 생기는 것을 억제하기 위하여 그림 4.19에서와 같이 흙깎기부 노상 저면(흙깎기면)과 흙쌓기부 노상 저면(상부 노체면)을 연결하는 접속구간을 설치한다.

또, 배수를 위하여 원칙적으로 상부 노체면 또는 흙깎기면에 지하 배수구를 설치하고 배수 유출구로 유도 배수되도록 한다. 그리고 유출수가 많은 곳은 눈에 잘 띄이도록 유출구를 설치한다.

한편, 용수가 많은 편질편성구간의 흙쌓기 비탈하단에는 그림 4.21과 같은 배수층을 설치하도록 한다.

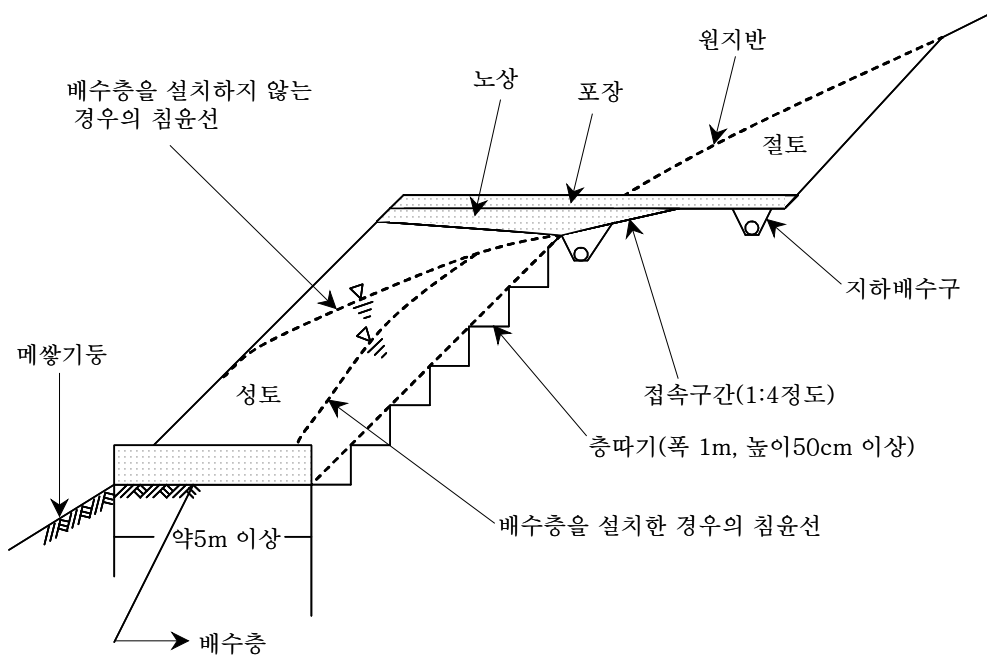


그림 4.19 편질편성부에서의 층따기 및 배수처리의 예

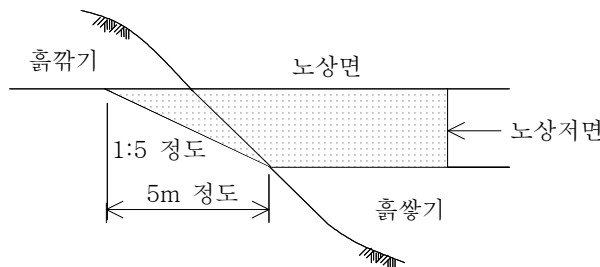
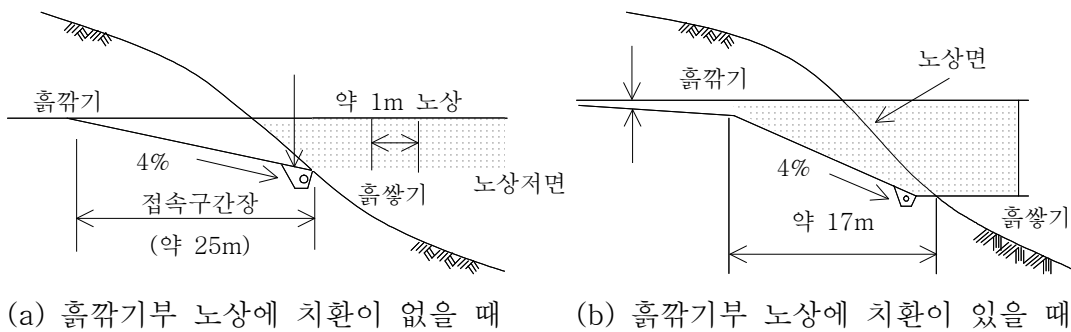
### 3) 절성경계부

절성경계부에서는 흙쌓기부 노상 저면의 깊이까지 기존 지반을 굴착하는 것을 원칙으로 하고, 굴착 깊이를 서서히 감소시켜 흙깎기부 노상 저면에 접속시켜야 한다.

이 흙깎기 부분은 흙쌓기부 노상 재료와 같은 재료로 되메우고, 소정의 다짐도로 균일하게 다져야 한다.

그림 4.20에 표시한 (a)~(c)에 절성 경계부의 접속구간 길이에 대한 한 예가 표시되어 있다. 접속구간 길이는 길수록 좋지만, 일반적으로 약 25m 정도면 충분하다.

(c)는 흙깎기 지반이 발파암인 경우의 예이지만, 이 경우는 흙깎기부와 흙쌓기부 노상사이의 지지력 차이가 가장 클 것이므로, 접속구간 길이도 가장 길어야 되지만, 반대로 5m 정도로 되어 있는데, 그것은 접속구간 길이를 길게 하면 대량을 흙깎기하게 되어 공사비가 너무 비싸게 되므로 부득이 취해진 경우를 보여 주고 있다.



(c) 원지반이 암석이어서 접속구간을 길게 하는 것이 비경제적인 경우

그림 4.20 절성 경계부에서 접속구간 길이의 설계예

### 바 성토재료의 압밀침하

일반적인 성토 재료로서 성토를 하면 성토분은 성토 자중과 기타 하중에 의하여 압밀침하 되지만 압밀량이 적고 강성적인 압밀이므로 단기간에 종료된다. 그러나 높은 함수비에 점성토와 같은 압축성이 높은 흙은 압밀현상에 가까운 침하가 생기는 경우가 있다. 이러한 경우는 성토 완료까지의 기간, 압밀특성 등을 고려하여 압밀침하에 대한 대책을 강구해야 한다. 그 방법으로서, ① 성토재료의 함수비를 저하시켜 다짐 후의 압밀량을 억제한다. 이때는 토성도 개량된다. ② 성토내에 수평드레인을 설치하



여 압밀을 단기간에 종료시킨다.

#### 사. 구조물접속부의 노체

교대, 옹벽 등의 구조물과 노체의 접속부는 부등침하에 의하여 단차가 생기기 쉬우므로 노면의 평탄성이 손상되는 경우가 있다. 침하를 억제한 구조물의 접속부와 충분한 다짐이 곤란한 뒤채움부분 등은 단차가 생기기 쉬우므로 양질의 재료를 사용하거나 다짐을 충분히 해야 한다.

구조물접속부의 뒤채움재는 투수성이 양호하고 다짐이 쉬우며, 압축성이 적은 토질재료로 선정해야 한다. 또한 다짐에 있어서도 일반의 노체보다 다짐도를 높게 정해야 한다. 특히 연약지반의 경우는 일반적인 방법으로 시공을 하면 단차가 크므로 농도의 중요도에 따라서 지반개량등의 대책을 강구하면 좋다.

### 4.2.6 땅깍기

자연 지반의 토질은 균질하지 않고, 풍화도, 성층 상태, 균열 등에 따라 지반의 강도는 현저하게 달라지므로, 흙깍기 비탈면은 도로의 계획, 설계, 시공의 각 단계에서 효과적인 조사를 실시하여 비탈면 기울기를 결정하여야 한다.

#### 가. 일반사향

비탈면 기울기를 결정하는 경우는 일반적인 지질이라면 표준 비탈면 기울기의 범의로서 거의 문제가 없지만 붕괴성 요인을 갖는 비탈면에서는 비탈면 기울기를 별도로 검토해야 한다.

또한, 각 현장의 토량배분 계획이나 용지의 제약 조건 및 적설한랭지 특유의 제반 조건을 추가하여, 표준적인 비탈면 기울기만을 취하지 말고 시공성, 경제성 및 유지관리도 포함해서 충분히 비교·검토되어야 한다.

#### 나. 땅깍기 비탈면기울기

흙깍기 비탈면 기울기는 지반을 구성하는 지층의 종류, 상태 및 흙깍기높이에 따라서, 일반적인 지질부라면 표 4.7의 값을 표준으로 한다. 붕괴성 요인을 가진 지질부는 별도로 검토하여 종합적으로 판단하여야 한다.

1) 원지반 토질에 따른 표준 비탈면 기울기

표 4.7 원지반 토질에 대한 표준 비탈면 기울기의 범위

원지반의 토질		흙깎기 높이	구 배	통일분류
모래	밀실하지 않고 입도분포가 나쁜 것		1:1.5 <sup>~5)</sup>	SW, SP
사질토	밀실한 것	5 m 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SP
		5 ~ 10 m	1:1.0 ~ 1:1.2	
	밀실하지 않고 입도분포가 나쁜 것	5 m 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
		5 ~ 10 m	1:1.2 ~ 1:1.5	
자갈 또는 암괴 섞인 사질토	밀실하고 입도 분포가 좋은 것	10 m 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SC
		10 ~ 15 m	1:1.0 ~ 1:1.2	
	밀실하지 않거나 입도분포가 나쁜 것	10 m 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
		10 ~ 15 m	1:1.2 ~ 1:1.5	
점성토		0 ~ 10 m	1:0.8 ~ 1:1.2	ML, MH, CL, CH
암괴 또는 호박돌 섞인 점성토		5 m 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	GM, GC
		5 ~ 10 m	1:1.2 ~ 1:1.5	

가) 자연지반은 아주 복잡하고 불균일하며 더구나 흙깎기된 비탈면은 시공 후 시간의 경과와 함께 차차로 불안정하게 된다. 따라서, 흙깎기 비탈면의 안정을 검토하는 경우, 안정계산에 의미가 있는 경우는 아주 드물다고 생각해도 좋다. 표 4.7은 경험적으로 구한 비탈면 기울기의 표준치 범위를 표시한 것이고, 비탈 표면에 침식을 방지하는 정도의 보호공을 전제로 한 표준 기울기이다.

나) 발파암반 하부에 두꺼운 층의 리핑암이 나타나면 상부 발파암도 하부 리핑암에 준하여 1:1 기울기로 한다.

다) 토질이 동일하지 않은 지역에서 대절토 할 경우는 그림 7.2와 같이 비탈면 기울기를 각 토질에 맞는 비탈면 기울기로 하는 것이 바람직하다.

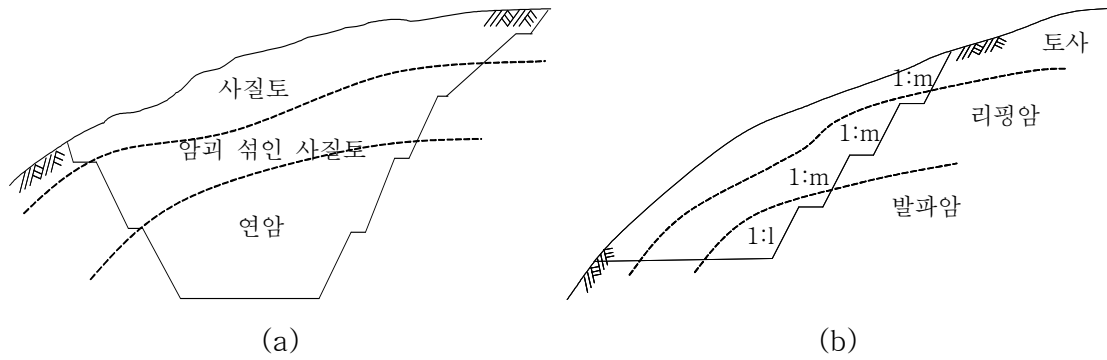


그림 4.21 토질이 고려되지 않은 경우의 흠깁기 비탈면기울기

## 2) 붕괴성 요인을 갖는 지질의 비탈면 기울기

자연 지반의 지질 및 지층 구조는 극히 복잡하고 변화가 많으며, 특히 다음에 시한 것같이 원지반을 흠깁기하는 경우는 비탈면 붕괴의 위험성이 높아서, 반드시 토질조사 또는 지질조사를 실행하여 비탈면 기울기를 검토하고, 비탈면 안정에 대한 대책을 고려하여야 한다.

가) 붕괴성 요인을 갖는 지질은 표 4.8과 같이 균열이 많은 암석과 같이 토질이나 암질에 문제가 있는 것과 바둑판 모양의 균열이나 구조적 약선을 갖는 경우와 같이 지질구조에 문제가 있는 것으로 분류된다.

표 4.8 붕괴성 요인을 갖는 지질

붕괴성 요인을 갖는 지질	대표지질
풍화가 빠른 암석	이암, 응회암, 셰일, 점판암, 사문암, 편암류 등
균열이 많은 암석	편암류, 셰일, 사문암, 화강암, 쳐트, 안산암 등
바둑판모양의 균열이 있는 암석	층리, 절리가 경사면인 경사 방향과 일치한 편암류, 점판암 등
구조적 약선이 있는 지질	단층과쇄대, 지반활동지역, 붕괴지 등

## 나) 땅깁기 비탈면에 안정상의 문제가 있는 토질

### (1) 침식에 약한 토질

풍화토나 흰모래는 겉보기의 전단강도는 크고 가령 수직으로 깎아도 평상 상태에서는 충분히 안정을 유지하고 있을 때가 많지만, 물이나 지진에 대해서는 대단히 약하다. 건설, 동결, 침식 등의 반복으로 표면은 박리 혹은 침식을 받는다. 또, 포화되면 이토화해서 큰 재해로 될 때가 있다. 침식은 비탈면 보호 공사 시공 전의 비탈면이나

식생공의 활착도가 나쁜 비탈면에서 발생할 때가 많다.

## (2) 고결도가 낮은 토사나 강풍화암

투수층과 불투수층이 서로 접해 있고 그 경계면의 경사와 비탈면이 같은 방향으로 되어 있을 경우 상부의 투수층만이 무너질 경우와 하부의 불투수층이 지하수로 인해 약해져 먼저 불투수층의 비탈면 표층부가 미끄러져 점차 붕괴가 위로 과급해 가는 경우가 있다. 낭떠러지 등은 전자에 의한 붕괴되는 경우가 많다.

투수층과 불투수층 밑에 층이 서로 접해 있을 때 암반이 있을 때

## (3) 풍화가 급속히 진행된 암석

강도가 낮은 지층 혹은 제 3기의 이암이나 응회암에서 굴삭시에는 굳고 안정된 비탈면이라도 시간 경과에 따라 급속히 풍화가 진행되어 표층이 붕괴된다. 사문암 속에는 굴삭 후 흡착팽창에 의한 풍화로 급격히 강도가 낮아져 무너지는 것도 있다.

## (4) 균열이 많은 암석

편암이나 사문암 등에서 암반 속에 절리나 작은 단층이 발달한 지질에서는 균열에 따라 붕괴한다. 균열의 조합에 따라 붕괴의 형태는 다르나 썩기 모양으로 무너질 때가 많다.

균열의 경사가 비탈면과 교차할 때도 붕괴한다.

화강암은 풍화의 영향을 거의 받지 않는 경질로부터 서서히 풍화하여 나중에는 풍화토라 불리는 토사로까지 변화의 상태가 심하다. 기암이 화강암인 표층은 풍화토가 덮고 있을 때가 많고 흙깎기 후, 호우 등에 의해 표층의 풍화토가 붕괴한다.

## (5) 균열에 따라 활동하는 암석

층리나 절리 등이 규칙 있게 발달한 결정편암이나 점판암 등은 그들의 층리나 절리가 바둑판 모양으로 되는 경우 빗물 등에 의해 경사면에 따라 큰 붕괴를 일으킨다.

## (6) 구조적 약선을 갖는 지질단층과쇄대

단층면 및 단층의 영향을 받아서 파쇄로 되어 있는 지질은 일반적으로 약화되어 있어 단층면이나 파쇄대를 경계로 한 대규모적이고 급격한 붕괴를 초래할 때가 있다.

### 다) 지하수가 있는 경우

지표면이 항상 습윤상태에 있거나, 용수가 확인되는 지하수가 많은 곳에서는 흙깎기할 경우 불안정하게 되는 경우가 많아서 비탈면 기울기나 땅깎기 비탈의 표면수 및 용수의 처리를 세밀히 검토할 필요가 있다.

### 라) 땅깁기 비탈면의 안정해석

(1) 각종 제약조건으로 안정기울기를 확보하기가 곤란해서, 사전에 구조물에 의한 억지공을 고려할 필요가 있는 경우의 안정해석은 ‘흙쌓기의 안정해석’에 준한다. 이 경우는 지질상황, 활동면 및 토질정수를 정확히 파악하는 것이 중요하다.

(2) 땅깁기 시공 중에 발생한 붕괴나 활동에 대해서 안정해석을 하는 경우는 ‘흙쌓기 안정해석’에 준하는 것으로 한다. 이 경우도 지질 상황, 활동면 및 토질정수를 정확히 파악하는 것이 중요하다.

### 다. 비탈면 라운딩

흙깁기 비탈면의 어깨 및 양단부는 원칙적으로 라운딩을 하도록 하고, 그 형상은 매끄러운 원형으로 한다.

1) 흙깁기 비탈면의 어깨나 양단부는 원지반이 불안정해서 식생의 정착이 어렵고 가장 침식을 받기 쉬운 곳이기 때문에 붕괴되기 쉽다. 따라서, 침식방지, 식생의 정착 및 경관의 측면에서 라운딩하는 것이 바람직하다.

2) 비탈 어깨의 라운딩은 원칙적으로 상하 방향으로 접선장 1.0m 정도로 하지만 휴게소나 인터체인지 내 등 특히 경관을 중시하는 비탈면은 별도로 고려할 필요가 있으며, 다음 식을 기준으로 한다.(그림 4.22 및 그림 4.23 참고)

$$T = \frac{a}{3} \quad (4.9)$$

여기서,

T : 접선 길이(m)

a : 비탈면 최대 경사길이(m)

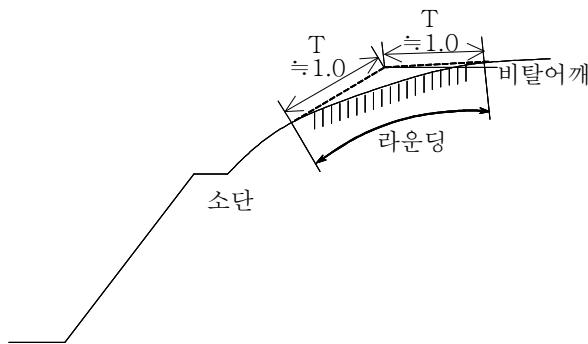


그림 4.22 라운딩의 범위

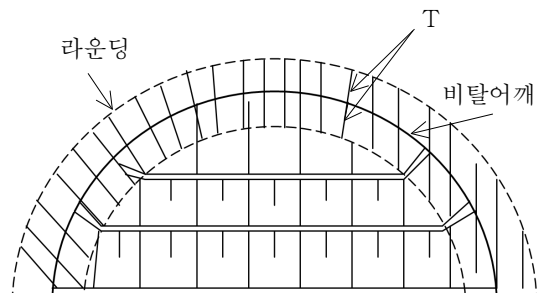


그림 4.23 종단방향의 라운딩

### 라. 흙깁기 비탈의 표면수 및 용수의 처리

표면수나 용수에 의해 비탈면이 세굴되든가 붕괴될 염려가 있는 경우에는, 비탈 어깨나 소단에 배수구를 설치하여야 한다. 특히, 용수에 대해서는 용수 지점, 용수량 등을 고려해서 설비의 선정 및 배치에 유의하여야 한다.

1) 비탈면은 기상 조건에 따라 여러 가지 피해를 받으나, 가장 많은 것은 우수의 흐름에 의한 침식이며, 배수가 충분하면 재해를 방지할 수 있는 경우가 많다. 따라서 비탈면의 배수설비는 되도록 처음에 시공하는 것이 바람직하다.

2) 배수구를 설계할 때에는 배수구에 물이 넘치거나 배수구의 측면이나 표면이 세굴되는 경우가 있으므로 주의를 하여야 한다. 또한 종배수구, 경사배수구 등을 만들 경우에는 흐르는 물이 비탈면이나 노면으로 넘쳐 세굴되지 않도록 적당한 조치를 취해야 한다.

3) 특히 다음과 같은 지형, 지질에서는 용수에 주의해야 하며, 또한 적설지에서는 융설기에 다량의 용수가 발생하기 때문에 주의가 필요하다.

- ① 침식에 약한 토질
- ② 상부에 투수성의 재료(단구자갈, 홍적세 산모래 등)가 있고 하부에 불투수층(제 3기 이암 등)이 있는 경우
- ③ 단구, 부채꼴 땅의 말단부
- ④ 봉적토 지대
- ⑤ 투수층과 불투수층이 접해있을 경우

4) 용수처리 방법은 비탈면으로 침출하여 나온 것을 비탈 표면에서 처리하는 경우와 비탈면 심부의 침투수를 물빼기 보링이나 집수정으로 비탈면 밖으로 배출하는 경우가 있다.

가) 비탈면 심부의 침수 처리의 예(그림 4.24 참고)

나) 비탈 표면에서의 용수 처리 예(그림 4.25 참고)

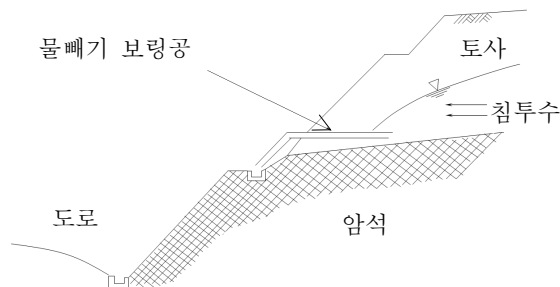


그림 4.24 물빼기 보링공의 설치예



그림 4.25 지하배수구의 설치예

5) 비탈표면의 용수처리공은 용수 위치를 잘 조사하여 대수층에 따라서 정확히 배치할 필요가 있다. 사용하는 재료는 돌망태나, 유공관 등으로 막히지 않는 것을 사용한다.

6) 물빼기 보링공은 양각 5° 이상으로 천공하여 유공관을 삽입한다. 유공관 단부는 돌망태나 콘크리트벽으로 보호해도 좋다.

7) 한랭지에서는 용수 처리가 지표면 부근에서 동결하여 용수의 배출을 저해하거나 유공관 단부 부근의 원지반이나 보호공을 파괴하는 경우가 있다. 따라서 동결이

심한지역에서는 특히 유공관 단부의 매설 심도나 종말처리 위치, 방법 등에 대해서 검토할 필요가 있다.

#### 4.2.7 비탈면의 안정검토 및 대책

농도의 흩쌓기 및 땅깍기 부분의 비탈면 기울기는 안정이 확보되도록 결정해야 한다.

##### 가. 성토의 안정

성토사면 설계 시는 활동파괴, 표층파괴 및 침식에 대한 안정성을 검토한다. 성토부는 활동파괴에 대하여 안정되도록 안정해석을 하여 사면기울기를 결정하며, 일반적으로 기초지반의 토질, 지질, 재료의 성질, 사면보호공의 종류 등을 고려하여 결정하여야 한다. 그러나 다음의 경우는 사면안정해석을 하여 검토해야 한다.

- ① 높은 성토의 경우
- ② 성토재료가 높은 함수비의 점성토, 점질토, 기타 전단강도가 낮은 흙일 경우
- ③ 연약지반에 성토를 할 경우
- ④ 지반활동을 일으킬 위험성이 있는 불안정한 지반 및 급한 사면에 성토할 경우

활동파괴에 대한 안정은 특수한 경우를 제외하고는 그림 4.26과 같이 활동면을 원호로 가정하고 식(4.8) 또는 식(4.9)를 이용하여 검토를 한다.

##### 1) 전응력법의 경우

$$F_s = \frac{\sum \{ C \cdot \ell + (N - N_e) \cdot \tan \phi \}}{\sum (T + T_e)} \quad (4.10)$$

##### 2) 유효응력법의 경우

$$F_s = \frac{\sum \{ C' \cdot \ell + (N - U - N_e) \cdot \tan \phi' \}}{\sum (T + T_e)} \quad (4.11)$$

여기서,  $F_s$  : 안전율

$C, C'$  : 전응력 및 유효응력으로 표시한 각 절편 활동면지반의 점착력(tf/m<sup>2</sup>)

$\phi, \phi'$  : 전응력 및 유효응력으로 표시한 각 절편 활동면지반의 내부마찰각(°)

$\ell$  : 각 절편의 활동면길이 =  $b/\cos a$

$b$  : 각 절편의 폭(m)

$h$  : 각 절편의 높이(m)

$A$  : 각 절편의 단면적(m<sup>2</sup>)= $h \cdot b$

$N$  : 각 절편의 활동면상의 작용하는 하중합력의 수직분력(tf/m)

T : 각 절편의 활동면상에 작용하는 하중합력의 접선분력(tf/m)

W : 각 절편의 자중(tf/m)

a : 각 절편의 활동면이 수평방향과 이루는 각(° )

Ne : 각 절편의 활동면상에 작용하는 지진하중의 수직분력(tf/m)

Te : 각 절편의 활동면상에 작용하는 지진하중의 접선분력(tf/m)

U : 각 절편의 활동면상에 작용하는 간극수압(tf/m), 침투수의 간극압 및 축제시에 생긴 과잉간극수압의 합력

위 식에서 활동면에 작용하는 하중계산시의 단위중량은 포화영역에서는 포화단위중량, 불포화에서는 습윤단위중량으로 한다. 또 지진하중은 농도의 중요도에 따라서 수평진도의 고려여부를 검토한다.

수평진도를 고려할 경우는 지역, 토질, 및 구조물의 중요도를 고려하여 계산을 한다. 안정계산시는 시공 중, 완공 경과 후를 대상으로 하며, 안정해석에 사용하는 흙의 전단강도정수는 표 4.9와 같이 해석방법, 토질 및 대상조건에 따른 전단시험에 의하여 구하는 것을 원칙으로 한다.

유효응력에 의한 경우는 가정한 활동면상의 간극압(간극수압)은 표 4.10의 조건으로 추정한다. 더욱 세밀하게 과잉간극수압 및 지하수압을 구할 필요가 있을 경우는 압밀해석과 투수해석을 한다. 또 기초지반의 전단강도가 성토부보다 작은 경우는 지반도 포함하여 안정해석을 한다.

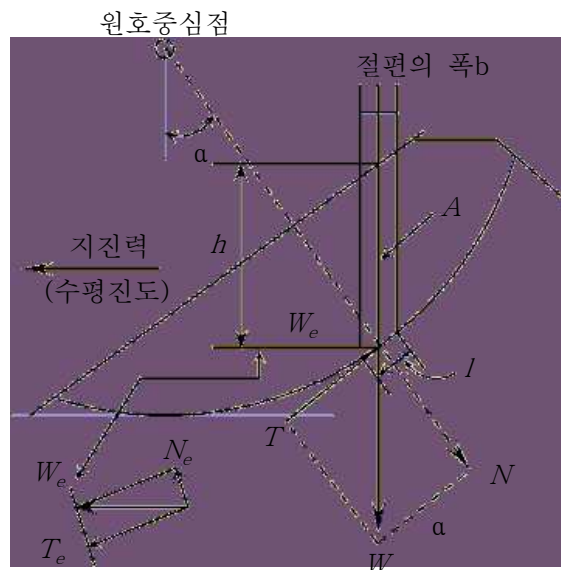


그림 4.26 원호활동면상 절편에 작용하는 힘(간극수압이 없을 때)



표 4.9 토질, 안정해석방법에 따른 전단시험조건

토질	적용할 수 있는 해석 법	전단시험조건
투수성흙	유효응력법	배수 또는 압밀포화배수
불투수성흙	전응력법(시공중) 유효응력법 전응력법	비압밀비배수 압밀비배수(A)* <sup>1</sup> 압밀비배수(B)* <sup>2</sup>

주) \*<sup>1</sup>은 포화상태에서 간극수압을 측정

\*<sup>2</sup>는 비포화상태 또는 포화상태의 지반을 대상으로 할 때의  $\tan\phi$ 는 압밀에 의한 C의 증가율로 사용한다.

표 4.10 안정해석에서 고려하는 간극수압

활동면의 위치	안정해석조건	
	시공중	완공경년후
연속된 지하수면하에 활동면이 있는 경우 불투수성의 성토부내에 활동면이 있는 경우	정수압+ 과잉간극압* <sup>1</sup> 과잉간극압* <sup>2</sup>	정수압 -

주) \*은 성토에 의하여 발생하는 간극압

\*<sup>1</sup>은 토질이 불투수성인 경우에 고려하며, 그 값은 일차원압밀해석으로 추정한다.

\*<sup>2</sup>는 토주중량의 50%로 한다. 실제로 이에 의한 값이 클 경우는 성토속도를 완속으로 하여 간극수압을 감소시키는 방법도 비교시험하는 것이 좋다.

이때 허용안전율은 1.3이상을 원칙으로 한다. 단, 지진하중을 고려할 경우는 1.0이상으로 한다. 활동원의 범위는 기초지반이 연약하면 기초의 활동도 고려한다. 기초지반중에 얇은 연약층이 있을 경우 이 연약층을 통과하는 활동과괴는 특수조건으로서 복합활동면법으로도 검토를 한다.

## 나. 절토의 안정

절토부의 사면은 표층붕괴, 활동과괴 및 침식에 대한 안전성을 검토한다. 절토지반은 풍화작용을 심하게 받고 복잡하며 불균질인 경우가 많다. 따라서 사면붕괴, 활동과괴에 대해 안전한 기울기는 지반의 토질, 지질, 지하수 및 주변의 붕괴 등 상황을 충분히 파악하고 사면안정에 대한 종합적인 판단을 하여 결정한다.

절토높이가 상대적으로 낮은 경우는 과거의 경험을 기초로 한 표 4.7의 표준기울기를 사용해도 좋다. 그러나 지하수위가 높고 단층 및 파쇄대, 특히 침식에 약한 토질 등 사면안정상 좋지 않은 조건이 있는 경우는 사면기울기 뿐만 아니라 흙막이공 및 지반강화를 목적으로 하는 사면보호공에 대해서도 검토를 하여 설계를 한다.

또 절토높이가 비교적 높은 경우는 현장상황에 의한 조건과 방법으로 안정성을

검토하고 사면기울기를 설계한다. 지반이 비교적 균질인 흙과 사력으로 구성된 경우 활동에 대한 안정해석은 원호활동면법, 무한사면의 안정해석법 및 기타의 방법으로 검토를 한다.

#### 다. 소단

일반적으로 절성토 높이가 높은 경우는 사면중에 소단을 설치한다. 절토사면에서는 토질, 암질, 사면의 규모에 따라서 높이 5~10m 마다 폭 1~2m의 소단을 설치하는 것이 표준이며, 성토사면에서는 비탈머리에서부터 높이 5~7m 마다 폭 1~2m의 소단을 설치하는 것이 좋다.

##### 1) 소단의 이점과 결점

연속된 긴 사면은 하부로 갈수록 표류수의 유량, 유속이 증가하여 세굴력이 커지므로 사면 중에 거의 수평으로 소단을 설치하면 유속을 저하시킬 수 있고 또 소단에 배수구를 설치하여 물을 사면외로 배수시키면 사면하부로 지표수가 집중되는 것을 방지할 수 있다.

또한 점검용 도로 및 보수를 위한 발판역할을 하여 편리하다. 그러나 지표수가 소단면으로 부터 사면내로 침투하기 쉬워 사면안정을 저하시키며, 침식에 약한 흙의 경우는 소단으로 모인 물이 그 하부사면으로 집중되어 흘러서 갈리침식을 급속히 촉진시키는 경우가 있다.

이와 같이 소단은 이점과 결점을 함께 가지고 있으므로 소단을 설치할 경우는 점검, 보수의 난이, 사면기울기, 절성토높이, 사면의 토질, 배수구의 설치 및 경제성 등의 모든 조건을 고려하여 결정해야 한다.

##### 2) 소단의 기울기

소단에 배수구를 설치하지 않을 경우의 소단횡단기울기는 그림 4.27 (a),(b)와 같이 사면하측을 향하여 5~10%정도로 하는 것이 일반적이다. 그러나 사면에 박리가 많다고 추정되는 경우와 소단머리부분이 침식을 받기 쉬운 경우는 그림 4.27 (c),(d)와 같이 역기울기로 하여 배수구 등을 설치한다.

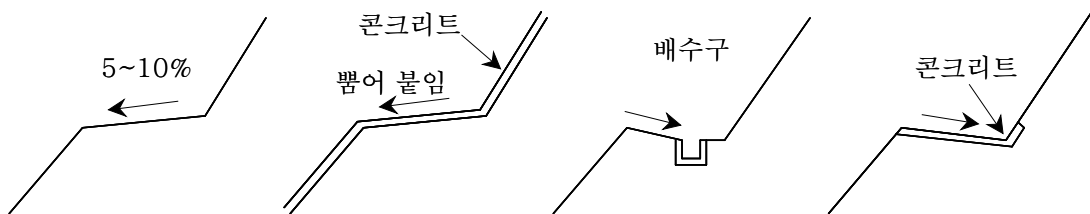


그림 4.27 소단의 횡단 기울기 예

### 3) 흙쌓기 비탈면의 소단

흙쌓기 높이가 6m 이상 높은 비탈면에서는 비탈면의 중간에 원칙적으로 소단을 설치하도록 한다. 이 경우 토질에 따라서 비탈 어깨로부터 수직 거리 6m마다 설치하고 폭은 1.0m를 표준으로 한다. 단, 타시설의 설치 장소로 이용하는 경우는 목적물의 의도를 충분히 이해한 후 설치해야 한다.

소단은 흙쌓기의 안정성을 높이고 비탈면에 흘러내리는 물의 유속을 늦추는 한편 우수의 침수면적을 줄여 침식이 심하게 되는 것을 사전에 방지하기 위하여 설치한다. 소단 설치의 높이 및 폭은 유지관리용 통로, 작업대 기능, 비탈면 보호공의 기초 설치를 위한 여유 및 배수시설 등을 고려하여 필요한 폭으로 확장할 수 있다.

### 4) 땅깍기 비탈면의 소단

땅깍기 높이가 높은 비탈면에서는 비탈면의 도중에 원칙적으로 소단을 설치하도록 한다. 소단은 흙깍기 높이 5~10m마다 설치하고 폭은 1.0m를 표준으로 한다. 단, 다른 시설의 설치 장소로써 이용하는 경우는 그 목적을 충분히 이해한 후, 위치와 폭을 결정한다

가) 소단의 목적은 관리 단계에서 점검 보수용 통로, 비탈면의 침식방지를 위한 배수시설 설치에 이용하는 것이다. 소단 설치 높이 및 폭에 관한 수치는 점검통로와 배수시설을 위해 필요한 일반적 표준치로 정한 것이다.

나) 소단은 일반적으로는 흙깍기 높이 5m 마다에 설치하는 것이지만, 안정상 문제가 없는 경암이나 안정기울기보다 완만하게 흙깍기한 비탈면 등에서는 설치간격을 넓게 할 수도 있다.

다) 소단폭은 빗물 등으로 침식되기 쉬운 토질이나 풍화가 빠른 암석 등에서 소단어깨 등이 무너질 위험이 있는 경우는 현지의 상황에 따라서 넓게 해도 좋다.

라) 소단에 설치하는 시설로서는 배수시설, 낙석방지책, 붕낙설예방책, 측도 등이 있지만, 그들의 기능을 충분히 이해하여 설치 위치 등에 대해 검토할 필요가 있다.

마) 토층이 다른 경우에는 용수를 고려하고 토사와 암석, 투수층과 불투수층의 경계에는 될 수 있으면 소단 및 배수시설을 설치하는 것이 바람직하다.

## 4.2.8 비탈면보호공

외적조건에 의한 비탈면의 침식이나 풍화를 방지하기 위하여 지형, 지질, 기후 조건, 보호효과 등을 충분히 파악하고 경제성, 시공성 등을 고려하여 최적의 공종을 선택하여 비탈면 보호공을 설치하여야 한다.

### 가. 일반사항

비탈면의 보호는 식생에 의한 비탈면 보호(식생공)와 구조물에 의한 비탈면 보호

로 대별된다.

### 1) 식생공

식생공은 비탈면에 대해서 식생 피복을 실시하는 것이며, 그 목적으로는 우수 침식의 방지, 지표면 온도의 완화 및 뿌리로 표토를 묶어 동상붕락의 억제 및 완화에 의한 미적 효과 등이다.

### 2) 구조물에 의한 비탈면 보호공

구조물에 의한 비탈면 보호공은 일반적으로 다음의 경우에 실시한다.

가) 식생에 의한 보호공만으로는 비탈면의 안정이 유지될 수 없는 경우

나) 비탈면 기울기를 완만하게 해서 안정을 시키는 것은 경제적으로, 지형적으로 바람직하지 못할 경우

다) 기울기를 급하게 해서 적절한 구조물에 의해 비탈면을 안정시키는 것이 경제적인 경우

### 3) 기타 참고사항

비탈면 보호공의 선정에 있어서는 식생공을 원칙으로 하고, 식생이 적당하지 않을 경우 혹은 식생만으로는 비탈면의 안정을 확보할 수 없는 경우에는 상황에 따라 구조물에 의해 적절한 보호공을 실시하는 것으로 하나, 일반적으로 식생과 비교해서 공사비가 높아지므로 지질, 비탈면의 안정성, 경제성, 미관, 유지보수, 기타 현지 상황 등을 충분히 고려한 후에 적절한 보호공을 결정하여야 한다.

용수가 있는 비탈면에서는 필터(filter)층, 맹암거 등을 설치해서 용수를 배출하여야 한다. 또한 일반적으로 흙깎기 비탈면은 시간이 경과함에 따라 풍화되어 강도가 저하하는 경향이 있으므로 유지보수를 고려해서 설계하여야 한다.

### 4) 비탈면의 보호공의 표준적 공종과 목적

비탈면 보호공의 표준적인 공종과 그 주 목적은 표 4.11에 표시한 것과 같다.

표 4.11 비탈면 보호공과 주요목적

구분	보 호 공	주 요 목 적
식생공	씨앗 뿔어붙이기공, 식생 매트공, 식생줄떼공, 줄떼공, 식생관공, 식생망태공, 부분 객토 식생공.	식생에 의한 비탈면 보호, 놀과, 구조물에 의한 비탈면 보호공과의 병용
구조물에 의한 보호공	콘크리트블럭 격자공, 모르타르 뿔어붙이기공, 블록붙임공, 돌붙임공	비탈 표면의 층화 침식 및 동상 등의 방지
	현장타설 콘크리트 격자공, 콘크리트 붙임공, 비탈면 앵커공	비탈 표면부의 붕락 방지, 약간의 토압을 받는 흙막이
	비탈면 돌망태공, 콘크리트 블럭 정형공	용수가 많은 곳 부등침하가 예상되는 곳 또는 다소 튀어 나올 염려가 있는 곳의 흙막이
	블록쌓기공, 돌쌓기공	흙막이

**나. 비탈면 보호공의 선정**

비탈면 보호공의 선정에 있어서는 지형, 지질이나 기후 조건, 보호공에 기대하는 효과를 충분히 파악함과 동시에 경제성, 시공성 등을 고려한 최적 공종을 선정하도록 해야 한다.

1) 비탈면 보호공의 선정은 통상 기본 설계시, 실시 설계시, 시공시에 적어도 3 시점에서의 검토가 필요하다.

2) 동일 비탈면 내에도 토질이나 용수의 상태가 반드시 일정치 않은 경우가 많아서 각각의 조건에 적합한 공종을 선택하여야 하지만 가능한 한 유사한 공종을 선정하는 것이 바람직하다.

3) 비탈면 보호공의 공종을 결정함에 있어서 시험시공으로 사전에 동일 지질의 비탈에 여러 가지의 보호공을 실시하여 그 결과를 가지고 보호공을 선정하는 것이 중요하다.

**다. 식생공**

1) 식생공과 시공 시기

가) 식생공은 시공시기에 따라 공종이 다르고 또한 사용목적에 따라 공종을 선정할 필요가 있으나, 원칙적으로 평떼공이나 씨앗뿔어붙이기공에 의하는 것으로서 시공면적이 적은 경우, 시공시기가 부적기인 때, 기타 평떼공이나 씨앗뿔어붙이기 공

이 곤란한 경우에는 다른 식생공에 의한다.

나) 시공 적기 및 부적기는 다음과 같다.

(1) 일평균 기온이 10~25℃는 식생공을 위한 최적기이므로 어떤 공중도 가능하다.

(2) 25℃ 이상은 고온건조하여 해를 받기 쉬우므로 여름철 시공은 피하도록 한다.

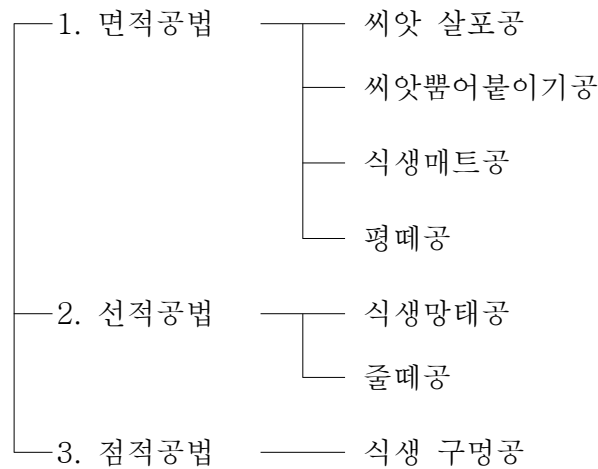
그러나 공사기간의 형편에 따라 부득이 시공할 경우에는, 건조의 해를 잘 받지 않는 공중이 바람직하다. 즉, 흙쌓기 비탈면에는 줄떼공, 식생줄떼공, 식생매트(mat)공이 가능하며, 흙깎기 비탈면에 대해서는 식생대공, 부분객토식생공, 식생매트공이 사용될 수 있다.

(3) 10℃ 이하에서는 동상에 의한 건조의 위험, 붕락 등을 일으키기 쉬우므로 동절기의 시공은 피하여야 한다. 그러나 공사기간의 형편상 부득이 시공할 경우에는 씨앗의 탈락이 적은 식생매트공 등이 사용될 수 있다.

다) 때붙임공의 시공시기는 동절기(12~2월)를 제외하고 연중 가능하며 3~4월, 10~11월이 적기이다. 씨앗파종은 초여름(5~6월)이 파종적기이니 4~9월까지 가능하다.

식생공은 시공한 후 공용개시까지 일 년 이상을 경과할 것으로 예상되는 경우에는 사전에 매년 일 회 봄에 비료를 뿌리는 것을 고려하는 것이 바람직하다.

식생공의 공중은 시공상의 특징에 따라 다음과 같이 분류될 수 있다.



식생공은 비탈면 보호공으로서의 효과(비탈면 표층의 침식 등)가 있어야 하므로 면적공법에 의하는 것을 원칙으로 하지만, 시공이 곤란할 때(예를 들면, 토양경도가 높고 토양개량을 필요로 하는 경우 등)는 필요에 따라 선적공법, 점적공법에 의하는 것으로 한다. 또 선적 공법, 점적공법은 전면 피복까지 시간이 걸리기 때문에 주의가 필요하다.

표 4.12 식생공의 공종과 개요

공종	개요	특징
씨앗 뿌어 불이 공기 A	씨앗, 비료, 흙 등의 불어붙일 재료에 물을 가한 흙탕물 모양의 혼합물로서, 뿌어붙이기 건(Gun)을 사용해서 비탈면에 뿌어붙이는 공법이다.	(1) 흙깎기 비탈면에 적당하다. (2) 발아상을 두껍게 뿌어 붙일 수가 있다. (3) 높은 곳(약 12m), 급기울기의 시공이 가능하다. (4) 이층 뿌어붙이기에 적합하다. (5) 도랑 객토공을 병용할 수 있다.
씨앗 뿌어 불이 공기 B	씨앗, 비료, 화이버 등의 재료를 물로 분산시키고, 펌프 등의 뿌어붙이기 기계를 사용해서 비탈면에 살포하는 공법이다.	(1) 흙쌓기 및 흙깎기 비탈면에 일반적으로 사용된다. (2) 시공 능률이 좋다. (3) 낮은 곳, 기울기가 완만한 곳에 적합하다. (4) 도랑 객토와 병용할 수 있다.
식생 매트 공	씨앗, 비료 등을 장착한 매트류로 비탈면을 전면적으로 피복하는 공법이다. 매트류로서는 부직 매트, 조목직포, 종이, 가마니, 벚집, 헬트, 매트 등이 있다. 또한 수지네트를 병용해서 보강한 것도 있다.	(1) 식생이 왕성할 때까지 매트계 의한 직접 피복 효과가 있으므로 동계나 하계의 시공도 가능하다.

표 4.12 계속

공종	개 요	특 징
식생관공	식생토 또는 이탄을 판으로 성형하고 표면에 씨앗을 심은 것을 비탈면에 일정 간격으로 수평 홈을 파서 길게 붙이는 공법이다. 도랑의 간격은 50 cm, 떼장은 8개/m <sup>2</sup> 을 표준으로 한다.	(1) 객토의 효과가 있다. (2) 유기질 비료가 많으므로 시비효과가 길다.
식생망태공	비옥토에 씨앗을 혼합해서 망태에 넣은 것을 비탈면에 일정한 간격의 수평 홈을 파서 붙이는 공법이다. 망태에는 폴리에틸렌제 망태, 한냉사 등이 있다. 또, 흙 대신에 버미큐라이트 등을 혼합한 제품도 있다. 홈의 간격은 50 cm, 식생망태 사용개수는 6개/m <sup>2</sup> 을 표준으로 한다.	(1) 씨앗, 비옥토의 유실이 적다. (2) 유연성이 있으므로 지반에 밀착하기 쉽다. (3) 급기울기 비탈면 및 동계나 하계의 시공도 가능하다.
부분객토식생공	비탈면에 구멍을 파고 저부에 고품 비료를 넣고 객토에 화학비료 첨가제를 혼합해서 채운 뒤에 씨앗을 놓고 복토, 피막 양생하는 공법이며, 구멍의 수는 1m <sup>2</sup> 당 18개를 표준으로 한다.	(1) 깊이 객토할 수가 있다. (2) 비료의 유실이 적다. (3) 흙깎기 비탈면이 굳은 곳에 적합하다.
식생줄떼공	씨앗 비료 등을 장착한 긴 섬유나 종이 흡쌍기 비탈면에 비옥토로 덮을 때 삽입하는 공법이다. 대상재료로서는 섬유, 벗집 등이 사용된다. 또한 씨앗 등을 봉입한 가는 자루 등도 사용된다. 줄의 간격은 30cm를 표준으로 한다.	(1) 줄떼보다 빨리 식생 피복이 완성된다. (2) 흡쌍기 비탈면에 적합하다.
줄떼공	식생토를 사용해서 비탈 하단에서부터 줄떼의 장변을 비탈면에 따라 수평으로 펴고 흙을 씌워 두들겨 마무리한다. 줄떼의 간격은 30cm를 표준으로 한다.	(1) 흡쌍기 비탈면에 사용한다. (2) 비탈면에 줄떼의 망상 조직을 끼워서 안정시킨다.
평떼공	비탈 어깨로부터 떼의 긴 변을 수평 방향으로 놓고 떼와 비탈면이 밀착되도록 두들겨서 시공한다. 평떼는 중형 30cm 정도의 것을 사용해야 하며, 평떼 위에는 뗏밥을 씌워야 한다.	(1) 흙깎기의 비탈면에 일반적으로 사용한다. (2) 시공과 함께 피복되므로 침식되기 쉬운 토질에 사용한다.



## 2) 식생공과 토질

가) 전면 식생공이란 비탈면 전체에 씨앗뿌어붙이기, 평떼붙이기 등을 실시하여 당초부터 비탈면 전체를 피복하는 공법이며, 씨앗뿌어붙이기공 A·B, 식생매트공, 평떼공 등이 있다.

나) 부분 식생공이란 비탈면에 도랑, 구멍, 흙줄을 파서 씨를 뿌리거나 묘목을 심고서, 비탈면 풀의 생장에 따라 비탈면 전체를 피복하는 공법으로서, 부분객토식생공, 식생대공, 식생판공, 식생줄떼공 등이 있다.

다) 씨앗뿌어붙이기공 B는 식생 능력이 좋아 광범위하게 허용되나, 1:1 이상의 급기울기 비탈면, 투수성이 나쁜 토질 등에서는 사용 수량이 많아 흘러버리기 쉽고, 높이가 12m 이상의 비탈면에서는 뿌어붙이기 압력이 부족해서 이와 같은 곳에서는 씨앗뿌어붙이기공 A를 사용하는 것이 바람직하다.

라) 이층 뿌어붙이기란 처음에 흙을 10mm 이상 뿌어붙이고 그 위에 씨앗뿌어붙이기를 실시하는 방법이며, 씨앗뿌어붙이기공 A 또는 씨앗뿌어붙이기공 B의 2회 뿌어붙이기란 뜻은 아니다. 이와 같은 2층 뿌어붙이기는 균열이 많은 연암 비탈면에 도랑이나 구멍을 파면 무너지기 쉬운 곳이나 혹은 연암 비탈면에 요철이 많고, 부분적으로 식생이 가능한 곳에 사용한다.

표 4.13 흙쌓기 비탈면에 대한 식생공

흙쌓기재료		객 토	적 용 공 종	특 기 사 항
모 래	입도가 좋은 것 (SM, SP)	원칙적으로 비옥토씩우기는 하지 않는다.	(1) 기계 마무리 비탈면의 경우, 씨앗뿌어붙이기 B (2) 식생토씩우기로 마무리할 경우 씨앗뿌어붙이기 B 식생매트공, 줄떼공, 식생 줄떼공	·수분의 보수력이 약하므로 식생공을 실시할 경우에는 피복양생을 하는 것이 좋다. ·우수에 의해 침식되기 쉬우므로 필터층, 편책공을 설치하는 등의 조치를 검토한다. ·식물의 생육에 적합하지 않은 흙(강산성토, 강알카리토, 유해 성분을 함유하는 등)의 경우에는 비옥토씩우기를 해서 식생공을 실시하는 것이 바람직하다.
	입도가 나쁜 것 (SW, SP)			
산모래, 산자갈 경석 (SM, SC, SW, SP)		비탈면은 양질의 재료로 피복한다. 식생토씩우기의 두께는 비탈면에 수직으로 50cm 이상을 표준으로 한다.		
점질토 (SM, SC)				
점성토 (ML, CL)		원칙적으로 비옥토씩우기를 하지 않는다.		
점토 (MH, CH)				
자갈 및 자갈섞인 모래 (GW, GP, GM, GC)		비탈면을 양질의 재료로 피복한다. 비옥토씩우기 두께는 비탈면에 수직으로 50cm를 표준으로 한다.		·비옥토씩우기를 하지 않으면 식생공은 곤란하다. ·필터층 등을 설치해서 지하수 침투수 등의 제거를 검토한다.
암벼락 (GW, GP, GM, GC)				

표 4.14 흙깎기 비탈면에 대한 식생공

토 질		적 용 공 종	특 기 사 항
굵은 모래, 가는모래 (SW, SP)		객토(15cm 이상)한 후에 씨앗뿌어붙이기공 B, 식생매트공, 평떼공	침식에 특히 약하므로 급속히 전면 피복할 필요가 있다. 이 경우 전면 객토(콘크리트블럭 격자공 등을 사용)해서 전면 식생공을 실시하는 것이 안전.
사질토, 자갈 또는 암괴 섞인 사 질 토 (SM, SC, GM, GC)	토양경도 27mm이하의 것	씨앗뿌어붙이기공 B, 식생매트공, 평떼공	침식에 비교적 약하므로 나지 비탈면을 남기지 않도록 조기에 비탈면을 피복할 필요가 있어 전면 식생공이 적합하다.
	토양경도 27mm를 넘는 것	씨앗뿌어붙이기공, (도랑 객토 병용) 씨앗뿌어붙이기공 A(상동), 식생대공 부분객토식생공, 식생판공	토양경도 27mm를 넘는 곳에서는 비탈면 풀의 뿌리가 내리기 힘들므로 객토해서 착근을 촉진시키는 부분식생공이 적합하다.
점 성 토, 자갈 또는 암괴 섞인 점 성 토, 점토(SM, SC, GM, GC)	토양경도 27mm이하의 것	씨앗뿌어붙이기공 B, 씨앗뿌어붙이기공 A, 식생매트공	동상되기 쉬우므로 시공시기에 주의하여야 한다.
	토양경도 27mm를 넘는 것	씨앗뿌어붙이기공 B, (도랑 객토 병용) 씨앗뿌어붙이기공 A, 식생대공, 부분객토식생공, 식생판공	토양경도 27mm를 넘는 곳에서는 객토해서 착근을 촉진하는 부분식생공이 적합하다. 동상되기 쉬우므로 시공시기에 주의한다.
연 암		씨앗뿌어붙이기공 B, (도랑 객토 병용) 씨앗뿌어붙이기공 A, 식생대공, 부분객토식생공	잘게 파쇄되기 쉬운 연암에서 도랑이 파질 경우에는 씨앗뿌어붙이기 A,B(도랑 객토 병용), 식생대공을 실시한다. 구멍을 팔 수 있는 경우에는 부분객토 식생공으로 한다.

마) 한 면에 여러 가지 토질이 섞여 있는 경우에는 같은 계통의 공종으로 통일하는 것이 바람직하다.

바) 용수되는 곳에는 필터층, 맹암거, 돌망태공 등을 검토할 필요가 있다.

사) 교량이나 지붕 등의 구조물 때문에 그늘이 지는 곳이나, 우수를 맞지 않는 곳은 식물이 생육될 수 없으므로 식생공은 불가능하다.

아) 비탈면의 토질, 토양경도 또는 시공 시기가 설계시에 충분하게 파악되지 않은 경우에는 사전에 앞에 서술된 조건에 대처할 수 있도록 여러 가지의 공종을 선택하든가 또는 도랑 객토 등의 병용을 고려하는 것이 바람직하다.

## 라. 구조물공

### 1) 돌쌓기공, 블록쌓기공

돌쌓기공이나 블록쌓기공은 1:1이상의 급기울기의 비탈면에 사용되며, 비탈면의 풍화 및 침식 등을 방지하고 옹벽으로서 토압에도 충분히 견딜 수 있는 구조이어야 한다.

흙쌓기에 있어서 돌쌓기공, 블록쌓기공의 단면은 흙쌓기재료에 따라 표 4.15를 표준으로 한다.

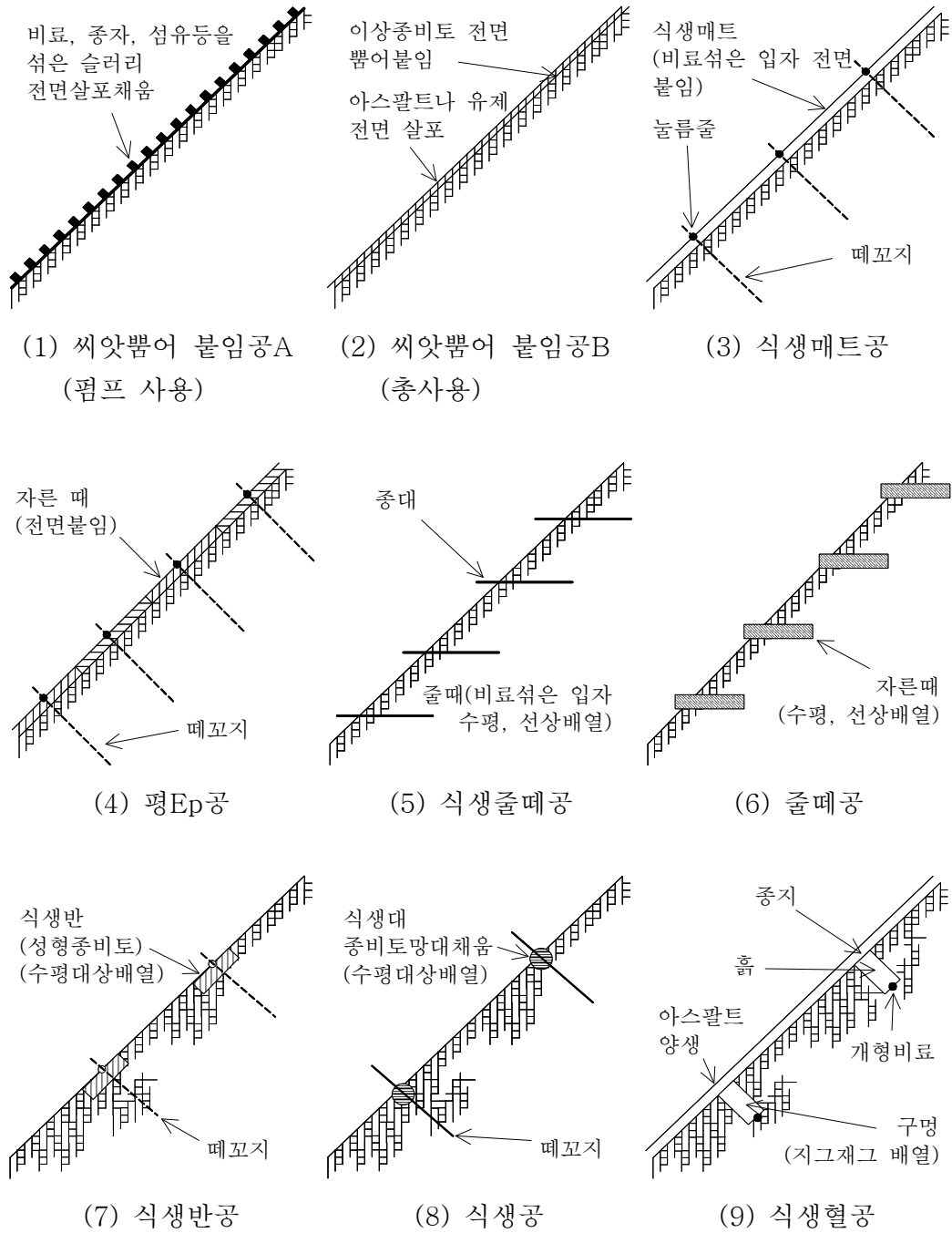


그림 4.28 식생공의 예

표 4.15 흙쌓기에서 돌쌓기공 및 블록쌓기공의 표준 단면

수직 높이(m)	구분 흙쌓기재료	메쌓기 · 찰쌓기	뒷길이	뒤채움 돌(m)		뒤채움 콘크리트
				상 부	하 부*	
0 - 1.5	양 호	메쌓기	35	20	33	-
	보 통	"	35	30	45	-
	불 량	"	35	40	57	-
1.5 - 3.0	양 호	"	35	20	46	-
	보 통	찰쌓기	35	30	60	-
	불 량	"	35	40	74	10
3.0 - 5.0	양 호	"	35	20	63	15
	보 통	"	35	30	80	15
	불 량	"	45	40	99	15

주\*) 수직 높이 1.5m, 3.0m, 5.0m인 때의 뒤채움 돌의 하부 두께

## 2) 돌붙임공, 블록붙임공

돌붙임공, 블록붙임공은 비탈면의 풍화 및 침식 등의 방지를 주목적으로 해서 1:1 이상의 완기울기 비탈면에 점착력이 없는 토사 및 허물어지기 쉬운 비탈면에 사용한다.

돌붙임, 블록붙임의 뒷길이는 비탈면 기울기와 사용 목적에 따라 표 4.16의 값을 표준으로 한다.

돌붙임공, 블록붙임공은 비탈보호공으로서 사용되는 이외에 비탈기울기를 급하게 해서 용지를 절감하는 경우, 오버브리지의 되메움 보호, 흙쌓기 교대 전면의 보호, 소규모의 비탈면 붕괴의 되메움 보호 등에서도 사용된다.

돌붙임의 경우 석재의 종류는 호박돌, 할석으로 하고 크기는 25cm(옥석), 35cm로 한정한다. 콘크리트 블록의 뒷길이는 일반적인 경우는 35cm의 한 종류로 하고, 특수한 곳은 기울기에 따라 표 8.8을 표준으로 한다(그림8.2). 용수나 침투수가 있는 경우에는 뒤채움돌 혹은 강자갈을 사용한다. 이 경우 뒤채움재의 두께는 20cm정도를 표준으로 한다. 메쌓기는 용수가 있는 곳에 적합하다. 비탈면이 높아지면 배가 나오게 될 위험이 있으므로 수직높이 3m를 한도로 한다. 용수가 있는 높은 비탈면에서는 용수되는 곳만을 메쌓기로 할 수 있다.

표 4.16 비탈면 기울기와 뒷길이

공중 비탈면 기울기	위치	일반 비탈면 보호		특수한 곳의 보호, 육교(오버브리지)의 되메움 비탈면, 흩쌓기 교대의 전면 등	
		돌 붙임	블록 붙임	돌 붙임	블록 붙임
1 - 1.2		35 - 25 <sup>1)</sup>	35	35	35
1.2 - 1.5		35 - 25 <sup>1)</sup>	35	-	25
1.5 - 1.8		-	-	-	18 - 14
1.8 이상		-	-	-	14 이하

주1) 돌붙임의 25cm는 호박돌에서만 수직 높이 3m 이하에 적용

### 3) 콘크리트 붙임공

콘크리트 붙임공은 찰쌓기와 같이 지표수가 암반 내로 침입하는 것을 방지하고 풍화에 의한 비탈면의 붕락을 방지할 수가 있다. 따라서 풍화의 원인이 되는 노출을 피하고 용수가 있는 경우 또는 장래 예상되는 경우에는 상황에 따라 배수구나 물구멍을 두는 등, 완전하게 처리하고 상부가 암반에 잘 물리도록 해서 우수의 침입을 방지할 필요가 있다.

물구멍은 원칙적으로 2m<sup>2</sup>에 1~2개의 비율로 설치하는 것으로 하며, 무근콘크리트 붙임공은 최소 20cm정도의 두께가 필요하다. 또한, 시공이음은 비탈면에 수직으로 하여야 한다.

활동 방지를 위한 앵커는 1~2m<sup>2</sup>에 한 개, 타입 깊이는 콘크리트 두께의 1.5~2배 정도를 표준으로 한다.

### 4) 콘크리트 격자공

#### 가) 콘크리트 블록 격자공

일반적으로 격자는 프리캐스트 제품으로, 격자의 교점 부분에는 활동 방지 말뚝 혹은 철근 등을 설치하여야 한다. 격자 내에는 비옥토를 되메우고 식생을 해서 보호하는 것이 좋으나 비탈기울기가 1:1.2보다 급한 경우, 많은 용수가 있는 경우 혹은 비옥토가 얻기 힘든 경우, 기타 식생만으로는 유출될 염려가 있는 경우 등에는 잡석 등을 넣어서 보호한다.

이 경우 풍화한 돌이나 입경이 작은 돌은 안정상 좋지 않다.

#### 나) 현장타설 콘크리트 격자공

격자는 철근콘크리트의 현장타설로서 용수처리를 충분히 실시하고, 격자 내에는

상황에 따라 찰쌓기식 돌붙임, 블록붙임, 콘크리트붙임, 식생 등으로 보호한다.

암반 중에 균열이 많고 물이 침입해서 풍화를 촉진하던가 붕낙을 일으킬 염려가 있는 경우에는 모르타르 뿔어붙이기 혹은 시멘트 밀크의 주입 등도 병용된다.

상황에 따라 격자의 교점 부분에 활동 방지 말뚝이나 앵커를 설치한다. 격자는 비탈면에 박히도록 하는 방법과 비탈면 위에 설치하는 방법이 있다. 연약한 지반에 설치할 경우에는 콘크리트 기초가 필요하다.

#### 5) 모르타르 및 콘크리트 뿔어붙이기공

모르타르 뿔어붙이기공은 비교적 얇게 뿔어 붙일 경우에, 콘크리트 뿔어붙이기공은 비교적 두껍게 뿔어 붙일 경우에 사용된다.

비탈표면의 형태, 기울기 등에 관계 없이 간단하게 시공할 수 있다. 일반적으로 뿔어붙이기 두께의 표준은 모르타르 뿔어붙이기공에서는 5~10cm, 콘크리트 뿔어붙이기공에서는 10~20cm이다. 뿔어붙이기 두께는 비탈면의 상황과 기상 변화가 격심한 지역에서는 10cm 이상의 두께가 필요하다.

### 마. 기타 비탈면 보호공

#### 1) 비탈면 앵커공

경암 또는 연암의 비탈면에 있어서 암반의 절리 등이 있어 붕괴할 염려가 있는 경우나 불안정한 암반 비탈면의 안정을 꾀할 경우에는 비탈면 앵커공을 사용한다.

#### 2) 비탈면 록볼트공

암반과 기암의 일체화 혹은 불연속면을 경계로 한 여러 층을 일체화하여 보강하는 것을 목적으로 사용한다.

#### 3) 비탈면 돌망태공(Gabion)

비탈면 돌망태공은 비탈면에 용수가 있어서 토사가 유출할 위험성이 있는 경우, 또는 붕괴한 곳을 복구할 경우, 동상으로 비탈면이 붕괴할 위험이 있는 경우, 흩쌓기 비탈면이 수로와 접하는 경우에 사용한다.

#### 4) 보강토 공법

보강토 공법은 지형 등의 제약을 받아서 흩쌓기나 흩깎기의 안정 비탈면 기울기를 확보할 수 없는 경우에 비탈면을 보강할 필요가 있는 장소 또는 도시부에서 용지 보상비가 과다한 장소 등에 사용한다.

#### 4.2.9 산사태 대책

산사태 대책은 노선 선정시 산사태가 발생할 가능성이 있는 곳은 가능한 한 피하는 것을 원칙으로 한다. 피하는 것이 곤란한 경우 혹은 공사중 및 공용중에 산사태가 발생할 우려가 있는 경우는 안정성, 경제성, 시공성을 고려하여 적절한 대책을 강구하여야 한다.

##### 가. 설계기본사항

- 1) 산사태 대책으로는 산사태 위치를 피하거나 사전에 방지공을 계획하는 사전대책과 발생한 산사태에 대하여 실시하는 복구대책이 있다.
- 2) 산사태의 발생이나 운동 메카니즘은 매우 복잡하고, 각각의 특징을 갖고 있기 때문에 산사태의 상황(형태, 원인, 성질 등)을 충분히 검토하여 그 특징에 맞는 조사, 대책을 계획하여 설계할 필요가 있다.
- 3) 산사태의 일반적인 특징은 표 4.17과 같다.

표 4.17 산사태의 특징

구 분	산 사 태 의 특 징
1) 지 질	특정의 지질 또는 지질구조에서 많이 발생한다.
2) 토 질	주로 점성토를 활동면으로 하고 있다.
3) 지 형	5~20°의 완경사면에 많이 발생하며 특히 상부가 사다리꼴 지형을 갖는 경우가 많다.
4) 활동 상황	계속성이 있고 재발하는 경우가 많다.
5) 이동 속도	0.01~10mm/일의 것이 많고 일반적으로 속도는 느리다.
6) 토 괴	토괴는 교란되지 않고 원형을 유지하면서 움직일 때가 많다.
7) 원 인	지하수에 의한 영향이 크다
8) 두께, 규모	두께는 10수 m 정도, 규모는 수만 m <sup>3</sup> 를 넘는다.
9) 징 후	발생 전에 균열의 발생, 함몰, 융기, 지하수 변동 등이 생긴다.

##### 나. 산사태안정해석

- 1) 산사태의 활동면 형상은 사면의 지질구조에 지배되는 경우가 많지만, 안정계산의 정도는 활동면의 형상 파악 정도에 크게 지배된다. 따라서 그 결정에 있어서는 조사 결과를 근거로 충분히 검토하여 결정할 필요가 있다.
- 2) 안정계산은 절편 분할법을 사용하고 안정해석의 순서는 그림 4.29와 같다.

(a) 안정계산을 해야 할 산사태 사면의 결정(현재)	$F_s$ : 현재의 안전율
(b) 산사태 안정계산 $F_s = \frac{\sum (N - U) \tan \phi + c \sum l}{\sum T}$ $F_s, C$ 를 결정하고 $\Phi$ 를 위 식으로 역산해서 구한다. ( $F_s$ 에 대해서는 9.4.2, $C, \Phi$ 에 대해서는 9.4.3 참조)	$\Phi$ : 활동면의 내부마찰각(°) $C$ : 활동면의 점착력 (t/m <sup>2</sup> ) $N$ : 절편에 작용하는 법선력 $U$ : 절편에 작용하는 간극수압(지하수위) (t/m) $l$ : 절편의 활동면 길이(m) $T$ : 절편의 중력에 의한 접선력(t/m)
(c) 산사태 단면에 도로계획 단면을 기입한다.	$F^{sp}$ : 계획안전율
(d) 계획 안전율( $F^{sp}$ )을 결정한다.	
(e) (d)를 만족시키도록 (b), (c)를 사용해서 산사태 대책공의 규모를 결정한다.	

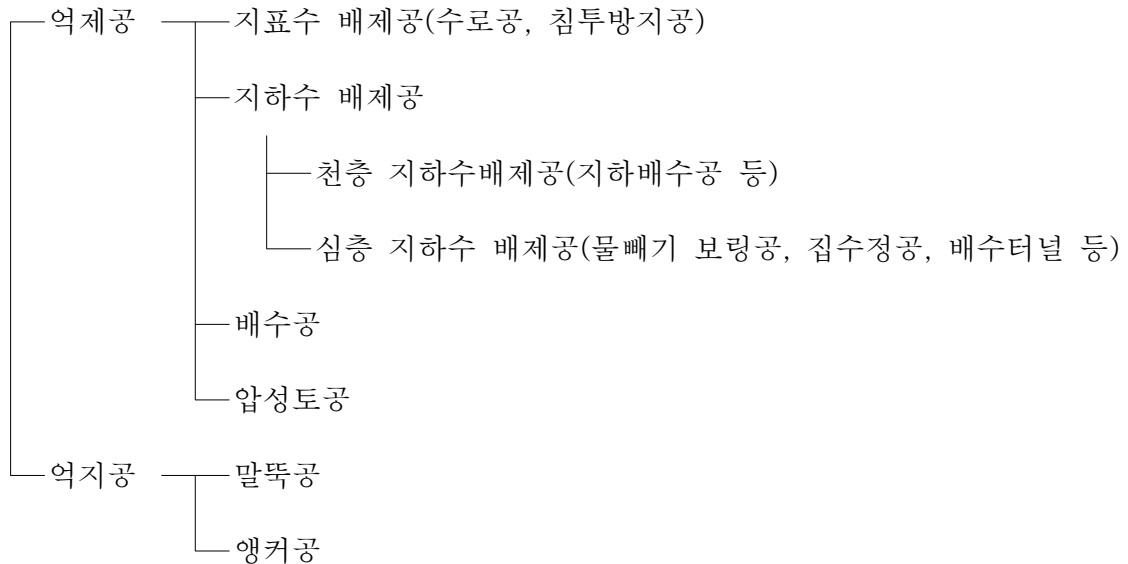
그림 4.29 안정해석의 순서

### 다. 산사태대책공법

산사태 대책공법은 억제공과 억지공으로 대별되지만, 각 공법의 특성 및 산사태의 지형, 지질, 발생 메카니즘 등을 고려하여 적절한 공법을 조합하여 설계한다.

#### 1) 산사태 대책공법

산사태 대책공법의 분류는 다음과 같다.





## 2) 억제공

억제공은 산사태 지형, 지하수 상태 등 자연조건을 변화시켜 산사태를 정지 또는 완화시키는 공법으로, 지표수 배제공, 지하수 배제공, 배수공, 압성토공 등이 있다.

### 가) 지표수 배제공

지표수 배제공은 강우의 침투, 용수로부터의 재침투에 의해 산사태가 유발되는 것을 방지하기 위해 사용한다. 강우와 산사태가 관계되는 경우는 직접 이 공법을 시공하여 강우의 침투를 방지하는 것이 바람직하며, 이 공법은 산사태 안정계산으로써 정량적으로 취급하기가 곤란한 경우가 많지만 산사태 대책공으로 많은 경우에 매우 유용하게 적용된다.

사면에 균열이 발생한 경우는 점토 등으로 충전하거나 비닐 등으로 피복하여 빗물의 침투를 방지하는 침투방지공과 산사태 지역의 빗물은 가능한 한 빨리 집수시켜 산사태 지역 밖으로 배수시키는 수로공으로 분류된다.

### 나) 지하수 배제공

지하수 배제공은 산사태 지역내로 유입하는 지하수 및 지역 내에 있는 지하수를 배제함으로써 간극수압을 저하시켜 비탈면의 안정을 꾀하는 공법이다. 배제시키는 지하수는 천층 지하수와 심층 지하수를 대상으로 하는데, 전자는 강우 등으로 직접 영향을 받는 비교적 얇은 대수층의 지하수이고, 후자는 장마나 융설수 등에 관계된 비교적 깊은 기반에 흐르는 지하수이다. 공법의 종류와 특징은 다음과 같다.

(1) 지하수 배수공(암거공) : 지표로부터 얇은 부분(3m 정도)에 분포하는 지하수 및 강우에 의한 침투수를 신속히 배제시키는 공법

(2) 물빼기 보링공(횡 보링공) : 지하 배수공(암거공) 등에 의해 지하수위 저하를 기대할 수 없는 경우나 비교적 깊은 지반내의 지하수를 배제시키는 공법

(3) 집수정공 : 물빼기 보링공으로는 보링 길이가 길게 되는 경우나, 기반 부근에 집중적으로 지하수를 집수하여 배제시키는 공법

(4) 배수터널공 : 산사태가 크고 그 위에 지하수 심부가 있어서 물빼기 보링공이나 집수정공으로는 배수 효과가 불충분한 경우에 활동면 아래에 있는 안정한 지반 속에 배수터널을 설치하여, 터널 갱벽으로부터 대수층으로 향해서 집수 보링을 실시하여 지하수를 배제시키는 공법

### 다) 배수공

배수공은 산사태 토괴의 전부 또는 일부(주로 산사태 머리 부근)를 배토하여 사면의 안정을 꾀하는 공법으로 배수공은 산사태 대책으로써 가장 확실한 효과를 기대할 수 있는 공법이다.

배토는 가능한 산사태 머리부를 중심으로 계단식으로 행하는 것이 효과적이며,

배수공 상부 사면에 산사태를 유발시킬 위험이 있는 지형에서는 원칙적으로 배토하여야 한다. 아울러 배수공의 비탈면은 안정을 확보할 수 있는 대책도 강구하여야 한다.

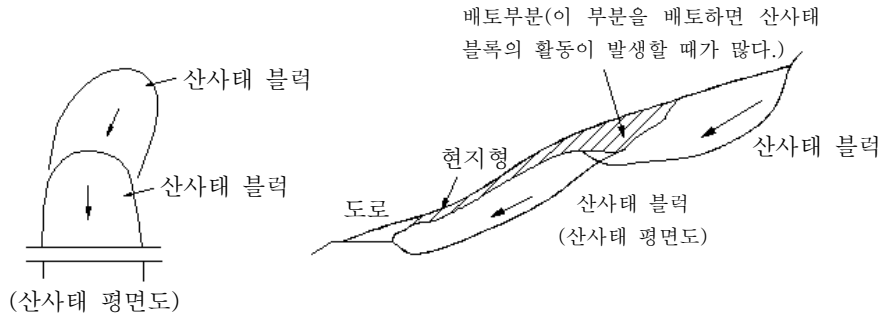


그림 4.30 배수공의 예(1)



그림 4.31 배수공의 예(2)

### 라) 압성토공

압성토공은 산사태의 말단부에 흠쌓기를 하여 사면의 안정을 꾀하는 공법으로, 산사태가 발생할 경우의 응급 대책으로도 매우 유용한 공법이다.

도로의 흠쌓기가 산사태 머리에 위치할 경우에는 산사태를 유발시킬 수 있으므로 압성토 공법 등을 실시한 후에 흠쌓기를 하는 것이 효과적이다. 또한, 압성토공에 의해 지하수가 차단함으로써 산사태 토괴의 간극수압을 상승시켜 지반을 불안정화시키는 경우에는 반드시 지하수 배제를 위한 대책도 병행해야 한다.

### 3) 억지공

억지공은 말뚝공 등의 구조물을 산사태 지역에 시공하여 토괴의 움직임을 저지시켜 산사태 운동을 정지시키는 공법으로, 억제공을 설치할 수 없는 조건을 가지는 지형에 적용하는 것이 일반적이다. 산사태 대책에 사용하는 억지공은 말뚝공, 깊은 기초 말뚝공(샤프트공), 앵커공 등이 있다.

#### 가) 말뚝공

말뚝공은 산사태 지역 내에 강관 등을 시공하여 그 말뚝이 갖는 억지력을 이용하

여 산사태 안정도를 증가시키는 공법이다.

말뚝에는 강관말뚝, H형 강말뚝, 철근 콘크리트 말뚝 등이 있지만 산사태 방지공으로는 강관말뚝이 주로 사용되며, 시공법에는 직접 말뚝을 타설하는 방법과 대구경 보링 등으로 굴착한 후 부재를 삽입하는 방법이 있지만, 산사태의 경우는 기초지반의 파괴나 시공성 등으로 인해 일반적으로는 후자가 자주 사용된다. 또한, 산사태의 이동 속도가 1mm/일 이상인 경우에는 전체 말뚝을 동시에 시공하지 않는 한 먼저 시공된 말뚝으로 산사태의 힘이 집중하기 때문에 역제공에 의한 변동을 작게 한 후에 말뚝공을 시공하는 것이 바람직하다.

#### 나) 깊은 기초 말뚝공

깊은 기초 말뚝공은 산사태가 크고, 말뚝공 등으로는 소정의 계획 안전율을 확보할 수 없거나, 지형상의 제약으로 기계 반입이 곤란한 경우에 사용한다.

이 공법은 라이너 플레이트(Liner Plate) 등을 사용하여 구경 2.0~4.0m의 횡공을 굴삭하고 여기에 콘크리트를 충전해서 대구경 철근 콘크리트말뚝을 시공하여 사태에 저항시키는 것이다.

#### 다) 앵커공

앵커공은 앵커의 인장력으로 산사태 토괴를 단단히 죄어서 산사태의 안정도를 증가시키는 공법이다.

### 4.2.10 낙석대책

흙깎기 비탈면 및 자연 사면에서 풍화의 진행, 지진, 호우 등에 의해 장래 노면에 낙석의 위험이 있다고 판단되는 곳에는 사면의 지형, 지질조건, 경제성 등을 고려하여 낙석대책을 수립하여야 한다.

#### 가. 일반사항

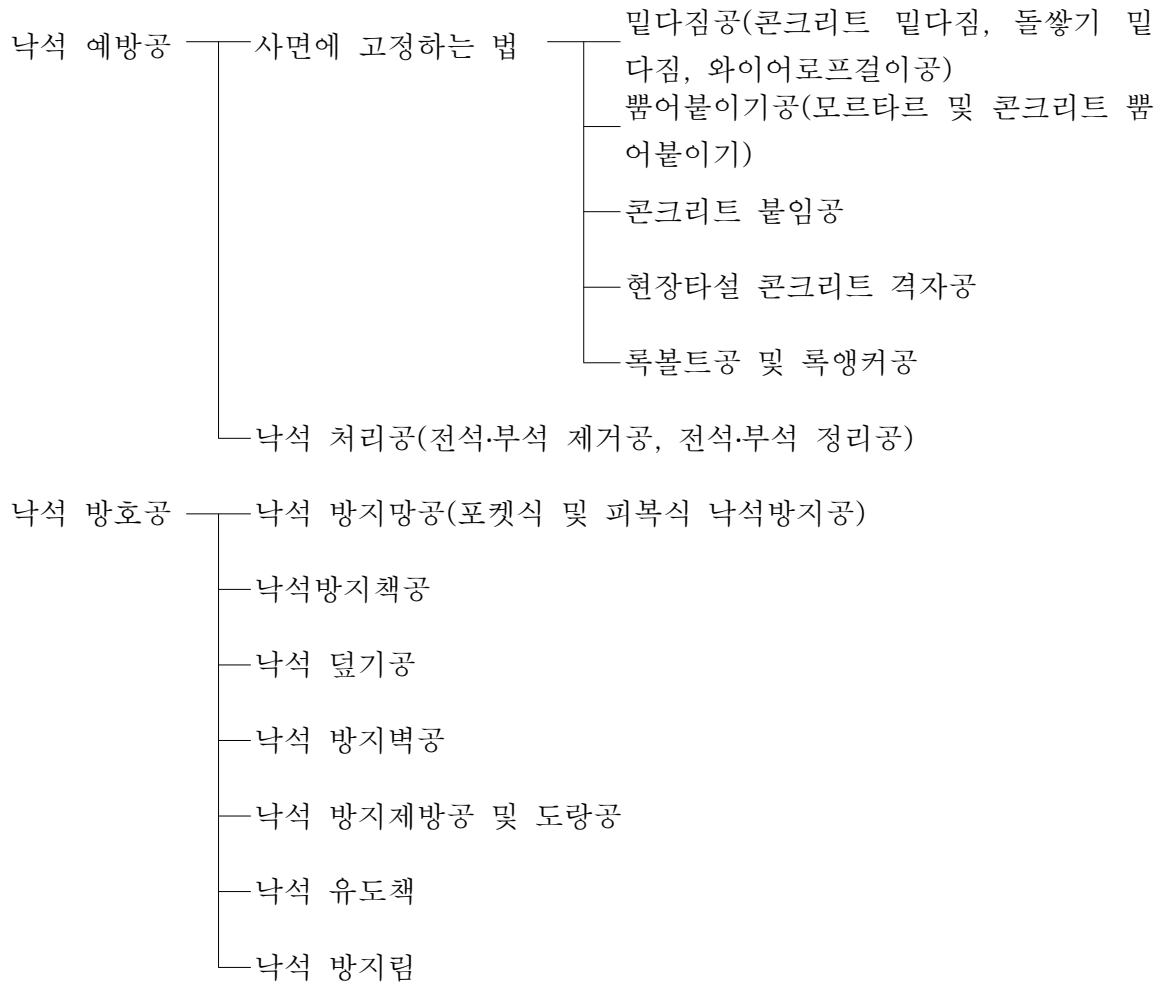
낙석 대책공의 선정은 사면의 지형, 지질조건으로부터 경제성 등을 충분히 검토하고 현지 조건에 가장 적합한 대책공을 선정한다.

1) 낙석 대책공의 선정에 있어서는 도로 구조나 비탈면 보호공 등도 고려한 뒤에 사면 상황에 가장 적합한 것을 선정하여야 한다.

2) 낙석 대책공은 낙석 발생원의 대책으로서, 낙석 예방공과 발생한 낙석의 대책으로서 낙석 방호공의 두 종류로 구분된다. 공종의 선정에 있어서는 사면의 상황, 즉 사면의 지형, 지질 및 식생 상황 등의 조사결과에 근거하여 각종 대책공의 기능, 내구성, 시공성, 유지관리 등을 검토하고 필요에 따라 단독 또는 복수의 공종을 채용하는

것이 바람직하다.

3) 낙석 방지 대책의 분류는 다음과 같다.



3) 낙석 대책공을 선정할 때는 충분한 조사를 통해, 경제성, 시공성을 고려하여 현지의 조건에 맞는 최적의 공종을 선정하도록 노력해야 한다. 선정 적용에 있어서는 아래 사항에 참고하도록 한다.

- ① 낙석대책은 발생원 대책이 가장 효과적이지만 시공성, 경제성을 충분히 검토하여 현지에 가장 적합한 공종(단독 또는 복합)을 선택할 것.
- ② 각 공종에는 각각 기능적인 한계가 있는 것을 고려할 것.
- ③ 낙석은 사면의 경사각이 전석형은 35~45도, 부석형은 45~55도 이상에서 많이 발생하고, 30도 이하에서는 거의 발생하지 않는다.
- ④ 낙석의 도약량은 사면의 요철이 큰 경우를 제외하고 일반적으로 2m 이하이다.
- ⑤ 일반적으로 사용되고 있는 정도의 규모인 낙석방지책에서는 10t·m를 넘는 낙석 에너지에 견딜 수 없는 사례가 많다.

여기서, 낙석 에너지 10t·m이라는 것을 예를 들면 기울기 45°, 등가 마찰 계수 ( $\mu$ ) 0.25의 사면을 중량 1.0t 의 돌이 높이 12.5m의 지점에서 낙하할 경우의 에너

지에 상당한다.

- ⑥ 낙석 에너지의 추정은 통상 다음 식으로 계산된다. 낙석 에너지는 돌의 규모에 크게 좌우되기 때문에 중량의 추정은 신중히 해야 한다.

## 나. 낙석 예방공

낙석 예방공은 비탈면상의 부석, 전석이 박리 또는 낙하하지 않도록 낙석 발생원에서 직접 낙석을 억지하거나 제거 또는 정리하는 공법으로, 비탈면에 고정시키는 공법과 낙석처리공으로 분류한다.

### 1) 비탈면에 고정시키는 공법

비탈면의 전석이나 구르는 부석을 고정시키는 방법으로는 밀다짐공, 뿔어붙이기공, 콘크리트 붙임공, 현장타설콘크리트 격자공, 록볼트 또는 록앵커공 등이 사용된다.

#### 가) 밀다짐공

밀다짐공은 사면상의 부석, 전석이 구르거나 미끄러지지 않도록 부석 등을 기반이나 주위의 사면상에 고정시키는 공법이다.

밀다짐공은 콘크리트로 부석, 전석의 기반이나 주변에 고정시키는 콘크리트 밀다짐과, 주변의 사면으로부터 작은 부석이나 전석을 모아 쌓고 이것으로 부석이나 전석의 기반을 다지는 돌쌓기 밀다짐이 있으며, 후자는 부석이나 전석의 정리도 겸할 수 있다. 또한 돌쌓기 밀다짐공의 경우에는 시간 경과와 함께 무너져 낙석하는 것을 고려하여 찰쌓기로 하는 것이 바람직하다.

밀다짐공은 우수 등에 의해 세굴을 받으면 밀다짐공의 효과는 현저히 감소하기 때문에 밀다짐공 주변의 형상, 사면 정형 등에 주의하여 시공해야 한다.

#### 나) 와이어로프걸이공

부석이나 전석이 구르거나 미끄러지지 않도록 격자 모양으로 와이어 로프나 수개의 로프 등을 사용하여 그 기초를 덮거나 걸어서 사면상에 고정시키는 공법으로, 부석이나 전석이 거대한 경우나 토지의 제약 조건 등으로 응급적으로 사면에 고정시켜야 할 때에 자주 사용되지만, 이 공법은 영구적인 구조물이 아닌 가설 구조물로 취급한다.

#### 다) 록볼트 및 록앵커공

사면상에 있는 큰 부석과 전석을 기반암까지 천공하여, 이 속에 록볼트 및 록앵커공을 삽입해서 사면상에 고정시키는 공법으로, 비교적 작은 규모의 부석, 전석의 경우에는 록볼트공, 대규모인 경우에는 록앵커공을 적용한다.

## 2) 낙석 처리공

낙석의 위험이 있는 부석이나 전석을 잘게 쪼개거나 제거 또는 사면 내의 안전한 장소로 모아서 정리하는 공법으로, 부석, 전석의 분포 위치, 규모, 상황에 따라서는 절취 개량하여 비탈면이나 사면을 안정시키는 것이 효과적이다.

## 다. 낙석 방호공

낙석방호공의 설계에서는 지형, 지질, 예상되는 낙석의 중량 및 도약고 등의 추정, 설치 후의 유지관리방법, 방호공의 효과와 내구성 및 경제성 등의 제반 조건을 잘 검토하여 현지 상황에 적합하고 가장 유효한 대책공을 선정하여야 한다. 이들 방호공은 (가) 낙석 에너지를 흡수, (나) 충격에 저항하여 낙석 운동을 저지, (다) 낙하 방향을 바꾸어 무해한 곳으로 유도 등을 목적으로 설치한다.

### 1) 낙석 방지망공

낙석 방지망공은 구조물에 의한 비탈면 보호공을 하지 않은 암석 또는 자갈 혼입 토사의 흠집기 비탈면 등에 우수에 의한 세굴로 인해 낙석이 예상되는 곳에 사용된다.

낙석 방지망공은 낙석의 발생을 미연에 방지하고, 만일 낙석이 발생한 경우에는 돌이 튀지 않도록 비탈끝으로 유도하는 것을 목적으로 하고 있다. 낙석 방지망에는 원지반과의 결합력을 상실한 암석을 그물의 장력 및 낙석과 원지반의 마찰에 의해 구속하는 복식 낙석 방지망과, 상부에 낙석의 입구를 설치하여 그물에 낙석이 충돌하는 것에 의해 낙석이 갖는 에너지를 흡수하는 기능을 갖는 포켓(주머니)식 낙석 방지망이 있다.

### 2) 낙석 방지책공

낙석 방지책공은 장대절토 비탈면 등에서 지진 또는 집중호우 등으로 낙석하는 경우에 낙석 방지망만으로는 공용중의 교통에 현저한 영향을 미칠 것으로 판단되는 위치에 사용하며, 지주, 와이어 로프, 철망이 일체로 되어서 낙석 에너지를 흡수하는 것으로써 비교적 소규모 낙석대책으로 자주 사용되고 있다.

### 3) 낙석 복공

낙석 복공은 낙석에 대해서 도로 측방에 여유가 없고, 급한 장대사면이 연이어져 있는 경우가 낙석의 규모가 커서 낙석방지책으로는 방지할 수 없는 경우, 또한 낙석의 지름이 큰 경우에 사용한다. 낙석 복공은 강재, 철근 콘크리트 및 PS콘크리트 등으로 도로 위에 처마를 설치하여 낙석을 처마 위로 받아 막거나 계곡으로 낙하시켜 낙석에 의한 피해를 완전히 방지하는 공법이다.

#### 4) 낙석 방지벽공

낙석 방지벽공은 토사나 낙석이 도로에 떨어지는 것을 방지하기 위해 도로의 옆에 설치하며, 그 배후에 주머니부를 설치하여 어느 정도의 낙석이나 붕토를 퇴적시킬 수 있는 구조로 하는 것이 바람직하다.

낙석 방지벽공의 설계는 예상되는 낙석의 중량, 속도, 최대 도약고, 지형, 지질 등을 고려하여야 하며 옹벽의 안정(연직 지지, 수평 지지, 전도) 및 구체 단면의 강도에 대하여 안정도 검토하여야 한다.

#### 5) 기타 낙석 대책공

기타의 낙석 대책공으로는 낙석 방지제방 및 낙석 방지 도랑, 낙석 유도책, 낙석 방지림 등이 사용되는데. 이들 공법은 지형 및 수목 등의 자연 조건을 이용하여 경제적이고 시공이 용이하지만 용지 등의 제약조건이 있기 때문에 공법의 선정에 충분한 조사와 검토를 하여야 한다.

### 4.2.11 구조물 뒤채움

구조물 뒤채움부는 토공과 구조물의 접점에 있고 노면의 평탄성을 확보하는데 약점이 되기 쉬운 장소이므로, 정해진 규격의 재료를 사용하여 충분히 다짐이 되도록 설계하여야 한다. 동시에 시공 후에 배수대책도 강구하여야 한다.

#### 가. 일반사항

1) 교대, 암거 등의 구조물과 토공과의 접속부분은 부등침하에 의한 단차나 이로 인한 붕괴 등 유지관리상의 문제가 생기기 쉬운 장소이며, 이것은 좁고 한정된 범위에서의 시공에 의한 다짐 부족이 큰 요인이 될 때가 많다. 이러한 문제를 해소하기 위해서는 시공 부위를 가능한 한 넓게 잡아 일방 흠쌓기부와 같이 대형 다짐기계를 사용하여 시공하도록 한다.

2) 구조물 뒤채움부에 사용하는 재료는 압축성이 적은 양질의 재료를 많이 사용해 왔다. 그러나 뒤채움부의 침하 원인은 재료의 문제보다는 오히려 시공 불량으로 인한 경우가 많으므로 뒤채움부의 형상을 시공하기 쉬운 구조로 하는 것이 중요하다.

3) 흠쌓기의 배수대책은 흠쌓기의 안정상 극히 중요하다. 특히 구조물 뒤채움 부근은 시공중, 시공 후에 물이 고이기 쉽고 이에 따라 붕괴도 많다. 따라서 구조물 뒤채움의 설계, 시공에 있어서는 시공중의 배수 경사의 확보, 지하 배수공의 설치 등 충분한 배수대책을 세워야 한다.

## 나. 구조물 뒤채움재료의 품질, 다짐 및 시공

### 1) 재료의 품질

별도의 규정이 없는 한 구조물 뒤채움의 상대밀도는 95% 이상이어야 하며 재료는 표 4.18에 제시한 값을 표준으로 하며, SB-1 규격 이상이어야 한다. 또한, 극히 중요하다고 생각되는 구조물에서는 빈배합 콘크리트의 사용도 고려될 수 있다.

표 4.18 구조물 뒤채움 재료의 품질

입도번호	통과 중량 백분율 (%)							
	80mm (4")	50mm (3")	40mm (3/2")	19mm (3/4")	No.4	No.10	No.40	No.200
SB-1	100	-	70-100	50-90	30-65	20-55	5-25	2-10
SB-2	-	100	80-100	55-100	30-70	20-55	5-30	2-10

### 2) 다짐

구조물의 뒤채움의 다짐도는 상대 밀도 95% (KSF 2312 ; A-2,B-2,C-2,D-2) 이상이어야 하며, 시공함수비는 다짐시험방법에 의한 최적함수비 부근과 다짐곡선의 90% 밀도에 대응하는 습윤축 함수비로 한다.

### 3) 시공

뒤채움재의 부설 및 시공방법은 역사다리꼴을 원칙으로 한다.

4) 뒤채움재료를 포설할 때는 편도압이 작용하지 않도록 구조물의 양면이 동시에 같은 높이가 되도록 하여야 한다.

5) 콘크리트 암거나 교량의 교대는 그 상부 슬래브를 타설하여 충분히 양생되기 전에 뒤채움을 해서는 안된다.

6) 뒤채움재료의 부설 및 시공방법은 역사다리꼴을 원칙으로 하나 선행 공정 여부 및 구조물이 선시공된 경우는 후속 공정의 시공성 등을 고려하여 정사다리꼴 단면으로 시공할 수도 있다. 이때 뒤채움부의 기울기는 1:2 이상으로 한다.

7) 뒤채움 재료의 시공은 20m 이상 인접 토공과 동시에 실시하는 것이 바람직하다.

## 다. 구조물 뒤채움부의 배수

구조물 뒤채움부의 배수는 지형조건, 용수 상황 등에 따라서 배수시설을 단독 또는 조합하여 적절히 설치한다.



### 1) 지하배수공

원지반에 경사가 있고 뒤채움부에 물이 침수하는 경우는 인접 흠쌓기부와 뒤채움부의 경계부, 구조물 배면부에 용수량에 따라 지하 배수공을 설치한다.

### 2) 종배수재

가) 종배수재는 뒤채움부에 사용하는 재료가 물이 고이기 쉬운 지형에 있는 경우에 한하여 설치한다.

나) 종배수 재료의 재료는 투수성이 좋은 모래 또는 막자갈 및 이들과 동등한 기능을 갖는 것으로 사용하고, 설치 간격은 2~4m로 한다.

3) 원지반이 경사지 및 근처 농경지 등에 용수가 많다고 예상되는 경우는 지하 배수공에 추가적으로 필터층을 설치하는 것이 바람직하다.

## 4.3 노상

### 4.3.1 일반사항

노상은 포장을 매개로 전달되는 교통하중을 지지하고 포장공사 등을 위한 대형 시공기계가 진입할 수 있어야 하므로 그 목표에 부합되는 균일한 노상을 구축하는 것을 기본으로 한다. 따라서 다음 사항을 충분히 고려하여 경제적인 설계가 되도록 해야 한다.

#### 가. 노상 상면의 처짐

교통 하중을 지지하고 시공장비를 진입시킬 수 있는 노상의 최종적인 마무리 규정은 시공실적에 근거하여 상부노상 및 흠쌓기부 노상 상면의 허용침하량(복륜하중 5t 이상, 타이어 접지압 5.6kg/cm<sup>2</sup> 이상)을 5mm 이하로 한다.

#### 나. 노상 재료 및 노상 구성의 검토

경제적인 노상을 설계하고 시공하는 데는 그림 5.1의 검토 순서에 따라 현장 내 발생토를 최대한 유효하게 활용하도록 노력하는 것이 중요하다. 노상 재료 및 노상 구성에 대해 검토해야 할 사항은 다음과 같다.

##### 1) 기존 자료 조사

주변 지역의 국토, 지방도 등의 시공실적 및 유사 재료의 시공실적을 조사한다.

##### 2) 파쇄

현장 발생재로서 입경이 큰 재료가 많은 경우에는 현장 파쇄를 검토한다.

### 3) 굴삭토의 분포 조사

현장 내 발생토의 양질토를 효과적으로 활용하기 위해서는 가능한 한 조기에 공구 내의 토성 및 분포 상황을 파악한다.

### 4) 시험시공의 활용

시험시공에서는 노상 상면의 처짐량 및 공사용 차량의 주행에 대한 내구성 등에 대해서 확인해 둔다.

## 다. 노상의 최소두께

노상의 최대두께가 100cm 이상되는 경우는 비경제적으로 되는 일이 많기 때문에 ①기초 지반 및 상부 노체의 강도 확보, ② CBR치가 높은 노상재를 사용, ③안정처리를 행하여 토질의 개량을 피하는 등의 여러 가지 방법을 비교하여 가장 경제적인 구성을 선정하도록 한다.

## 라. 노상면의 횡단기울기

1) 상부 노상면의 횡단기울기는 포장면의 기울기가 2% 미만의 부분에서는 2%, 포장면의 기울기가 2% 이상의 부분에서는 포장면과 평행하게 동일한 횡단기울기를 붙인다. 횡단기울기의 접속부능 포장의 접속보다 단구간으로 하여(약 20m), 물이 스며들기 쉬운 완만한 기울기를 설치하지 않도록 한다.

2) 각 부분의 마무리면은 모두 상부 노상면의 횡단기울기와 평행으로 마무리하는 것을 원칙으로 한다. 단, 각 층의 시공시의 횡단기울기는 단면의 형상, 시공법, 각부 재료의 성질, 경제성 등을 고려해서 시공중의 배수가 확보될 수 있도록 적당히 결정한다.

3) 상부 노상을 안정처리한 경우에는 포장 시공시까지의 시간 경과에 의해 노상이 굳어져, 굽어 일으키는 등의 노반 준비공을 할 수 없는 것이 일반적이다. 따라서 안정처리 노상에 있어서는 횡단기울기가 2% 미만의 부분일지라도 포장면에 평행한 횡단기울기로 상부 노상을 마무리할 필요가 있다.

### 4.3.2 노상 재료의 품질

노상에 사용하는 재료의 품질은 정해진 규격에 맞는 재료를 사용하여야 하며 이를 충족시키지 못하는 경우에는 적당한 안정처리하여 사용하여야 한다.

## 가. 노상재료의 품질

노상재료의 품질은 표 4.19의 값을 표준으로 한다.

표 4.19 노상재료의 품질

노상의 구분	최대치수	No.4체 통과량	No.200체 통과분	No.40체통과분에 대한 소성지수	수침 $CBR^{2)}$ (시방 최소밀도)
상부노상	100mm	25 ~ 100%	0 ~ 25%	10 이하	10 이상 (20 이상) <sup>1)</sup>
하부노상	150mm	-	50% 이하 <sup>3)</sup>	30 이하	5 이상 (10 이상) <sup>1)</sup>

주1) 괄호 안의 값은 안정처리의 경우

주2) CBR시험의 공시체함수비  $W_n$ 이  $W_{opt}$  이상의 경우는  $W_n$ ,  $W_n$ 이  $W_{opt}$  미만의 경우  $W_{opt}$ 로 한다. 단, 상부 노상재료 소성지수(PI)  $\geq 10$ 이고, 75 $\mu$ m체 통과분이 25% 이상인 경우는 원칙적으로 사용하지 않는다.

주3) No.4체 통과분중 No.200체 통과량

### 나. 재료의 품질과 설계

표 5.1에 표시한 재료의 품질은 과거의 시공 경험에 의해 경제적인 단면 구성을 위한 조건을 제시한 것이다. 그러나 실내시험만으로는 기상조건의 변화에 따른 토성의 변화와 재료의 불균일성 등에 의한 현장 조건을 정확히 예측하는 것이 곤란한 경우가 많아 실내시험에서 부적합한 것으로 판단된 재료라도 시험시공 등에 의해 사용이 가능하다고 판단된 예도 있기 때문에 노상의 설계에 있어서는 충분한 검토가 필요하다.

또한, 토취장의 결정 등 실내시험 결과만으로 재료의 적부를 결정할 필요가 있는 경우에는 상세한 조사와 시험을 실시하고, 재료 품질도 어느 정도 안전측으로 하는 것이 바람직하다.

### 다. 재료의 최대치수

노상에 사용하는 재료의 최대치수는 한 층당 마무리 두께, 마무리면의 평탄성, 안정처리의 혼합성 등의 시공성을 고려하여 결정된다. 그러나 시공성은 최대치수 뿐만 아니라 재료의 입도, 시공기계, 운용자의 기술 등에 크게 영향을 받기 때문에 시공성보다는 과거의 시공 경험에 의해 결정되는 것이 보통이다.

따라서, 시험시공 등에 있어서 노상의 최종 마무리 조건(마무리면의 평탄성, 처짐량이 허용치 내에 있고 공사용 차량의 주행에 대해서 표면의 유동이 생기지 않는 것)을 만족하는 것이 확인되면 표 5.1의 조건을 완화할 수 있다.

## 라. 시방 최소밀도에서의 수침 CBR

1) 시방 최소밀도에서의 수침 CBR이란 자연함수비(원지반 함수비)부근의 시료를 사용하여(안정처리토도 포함) 다짐 횟수를 바꾸어서 작성한 공시체를 수침(안정처리 재료는 공기중 양생 후 수침)시켜 구한 수정 CBR로 한다.(그림 5.2 참조). 단 55회 다짐공시체의 건조밀도가 시방 최소밀도를 만족하지 않거나 그림 5.3과 같이 과다짐 상태를 나타내는 것을 55회 다짐시료의 수침 CBR로 한다.

2) 자연함수비는 계절, 기상조건 등에 따라 항상 변한다고 생각되지만 우기, 동결 융해기 등을 제외하면 지표로부터 50cm 아래의 시료로 측정한 함수비로 한다. 또한, 함수비는 지하수위의 영향, 재료의 분리 등에 따라 차이가 크므로 측정 위치의 선정에 유의해야 한다.

3) 안정처리노상의 시방 최소밀도에서 수침 CBR값은 ①현장과 실내실험의 양생 온도 차이, ②시공의 편차, ③시공상의 최저 첨가량(노상 혼합 2%, 플랜트 혼합 1.5%)에서 얻어지는 강도 등을 고려해서 표 5.1과 같이 정한 것이며, 시공 조건에 따라서는 과대설계가 될 때도 있으므로 시험시공으로 확인할 필요가 있다.

4) 하부노상재료가 연약하여 충분한 강도를 얻지 못하여 상부노상에 안정처리를 할 때는 상부노상을 두껍게 처리하는 것이 일반적으로 경제적이며, 하부노상을 안정처리하는 것은 피한다.

## 마. 현장 파쇄재의 입도

현장에서 발생한 재료를 파쇄하여 노상재로 사용할 때는 4.76mm(#4)체 통과량이 25% 이상이면 되지만 암석 재료에 따라 성질이 다르므로 시험시공 등으로 확인할 필요가 있다.

### 4.3.3 노상의 다짐

노상의 다짐은 소정의 품질을 얻기 위해서는 정해진 방법에 의하여 주의하여 다져야 한다.

## 가. 노상의 다짐 및 두께

노상재료의 다짐도와 두께는 표 4.20 및 표 4.21의 값을 표준으로 한다.

표 4.20 노상의 다짐도 및 두께

항목 \ 공종	상부노상	하부노상	비고
다 짐 도	95% 이상	90% 이상	KSF 2312 A-2, B-2, C-2,D-2
시공시의 함수비	다짐도 및 수정 CBR 10 이상을 얻을 수 있는 함수비, 최적 함수비±2%	다짐도 및 수정 CBR 5이상을 얻을 수 있는 함수비	KSF2306 KSF2312
시공층 두께	20cm 이하	20cm 이하	한층당 마무리 두께

표 4.21 안정처리 노상의 다짐

항목 \ 공종		상하부 노상	비고
다 짐 도	시공함수비 ≤ Wopt	95% 이상	KSF2306 KSF2312 A-2, B-2, C-2,D-2
	시공함수비 > Wopt	공기간극률 Va=1 ~ 10%	
시공시의 함수비		최적함수비 ±2%	
시공층 두께		20cm 이하	1층당의 마무리 두께

#### 나. 다짐도

다짐도 규정은 사용 재료를 효과적으로 활용하여 균일하고 양호한 노상을 시공하기 위한 과거의 경험이 반영된 것이다. 다짐의 검토에 있어서는 함수비 조절만이 아니라 시공방법(기종의 선정 등)에 대해서도 충분히 유의할 필요가 있다. 규정 다짐도를 얻기 힘들 때는 시험시공 등으로 상부노상 마무리면의 안정성 및 처짐 규정을 만족시키는 것이 확인되면 다짐도 규정을 완화할 수도 있다. 또, 하부노상에 대해서는 상부노상을 포함한 단면구성과도 연관되지만 해당 다짐도에서의 수침 CBR이 5이상(안정처리재료를 10이상)이면 일반적으로 완화할 수 있다고 판단해도 좋다.

표 4.20 및 표 4.21에 표시한 다짐도는 노상면의 평균적인 다짐도이고 실제의 시공관리에 있어서는 그 품질이 보증될 수 있는 측정 방법, 측정 빈도에 따라 적절한 관리기준치를 설정해야 한다.

또, 고함수비의 점성토 등을 안정처리하는 경우, 혼합 직후에는 다짐작업에 필요한 초기강도가 얻어지지 않는 일이 있다. 이 경우의 다짐은 안정처리노상의 강도 발현에 맞추어 서서히 다짐을 진행하는 것이 바람직하다.

#### 다. 시공함수비

최적함수비로 다짐한 흙은 물의 침입으로 연약화되는 일이 적고, 흙구조물로서 가장 안정한 상태를 유지하므로 시공함수비를 최적함수비 부근에서 다짐하는 것을 원칙으로 한다.

#### 라. 시공층 두께

한 층당 마무리 두께는 다짐 효과 및 시공성 등의 시공경험에 의거하여 20cm 이하를 원칙으로 한다. 또한, 노상혼합방식에 의한 안정처리노상 등에 있어서는 혼합에 드는 비용도 크기 때문에 소정의 다짐도를 얻을 수 있는 것이 확인되면 한 층당 마무리 두께를 완화할 수도 있다.

#### 마. 노상강도의 평가 방법

노상의 강도는 포장설계의 중요한 입력변수이며 기존의  $T_A$  설계법이나 AASHTO 잠정지침설계법에서는 노상강도를 CBR로 표현하고 있으나, 이론적 설계방법을 가미한 설계법이나 개정된 AASHTO 설계법(1986)에서는 노상의 강도를 동탄성계수 ( $M_R$ : Resilient Modulus)로 표현하고 있다.

동탄성계수는 포장체의 역학적 해석에 사용될 수 있는 탄성계수의 일종이며 차량 하중을 묘사한 다양한 응력 상태에서의 탄성계수를 말한다. 즉, 입상재료는 재료의 습윤 상태 및 응력 수준에 따라 탄성계수가 변하기 때문에 탄성계수를 하나로 표현하기가 어렵다. 따라서 입상재료의 동탄성계수는 그 재료가 장래에 받게 될 응력 상태와 습윤 조건을 고려하여 구해야 한다. 동탄성계수 시험은 AASHTO 규정 : T274-82(1986)에 따라 실시한다.

### 4.3.4 흙깎기부 노상

흙깎기부 노상은 양질의 암석인 경우에는 굴삭면을 원칙적으로 토공기면으로 한다. 그러나 원지반이 암석이 아니거나 변형의 우려가 있는 경우에는 지반의 재료에 따라 풍화대책, 접속구간 설치 등의 대책을 강구하여야 한다.

#### 가. 접속구간 설치

흙깎기에서의 토공 마무리면 부근의 토질은 굴삭한 후가 아니면 판단할 수 없는 것이 많다. 따라서 흙깎기부 노상의 설계는 토질조사 결과 등을 참고로 하여 개략적인 노상구성을 정하고, 시공시 토질의 확인이 가능한 단계에서 시험시공 등으로 최종적인 노상구성을 결정할 필요가 있다. 또한, 원지반의 토질이 다르고 필요로 하는 노상두께가 다른 경우 및 편질편성에는 접속구간을 설치한다.(그림 4. 32 참고)

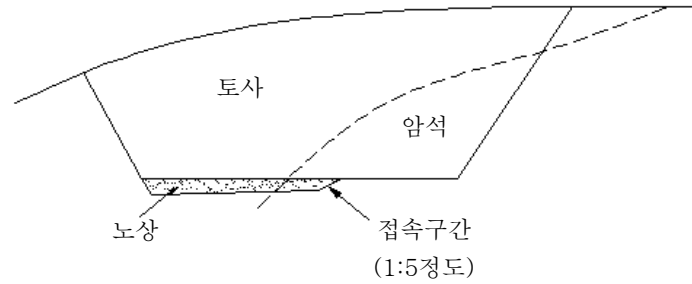


그림 4.32 원지반의 토질이 다른 경우의 접속구간 설치

#### 나. 과도한 굴착에 주의

암석의 굴삭시에 토공 계획고를 넘어서 너무 많이 굴삭되는 일이 없도록 주의한다. 너무 많이 굴삭해 버리거나 요철이 생긴 경우는 하부 노상재 이상으로 물의 영향을 받지 않는 재료를 포설하고 충분히 다져 평탄하게 마무리한다.(그림 4.33 참조)

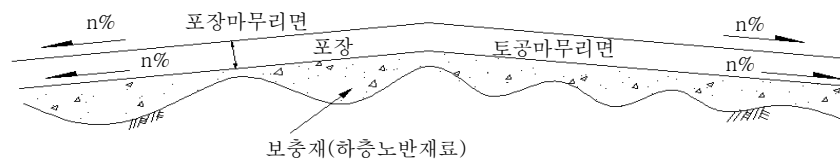


그림 4.33 지반이 암일 때의 노상설계

#### 다. 풍화대책

원지반이 경암으로 굴삭이 곤란하고, 어느 정도 굴삭 연장이 긴 경우는 현지의 상황에 따라 토공 마무리면을 변경할 수 있다. 이 경우, 마무리면은 포장에서 요구되는 마무리 규정을 충분히 만족하도록 한다.

이암과 같은 파쇄되기 쉬운 암석은 굴삭 후의 건설 반복에 의해 약화되어 강도가 크게 저하하는 경우가 있으므로 주의가 필요하다. 이 경우의 풍화 방지대책으로서는 노상 마무리 후 신속히 포장을 시공하는 것이 효과적이지만, 토공과 포장의 시공 시기가 크게 차이나는 경우 그림 4.34와 같이 노상면 위를 추가 시공하는 방법이 있다.

또한, 풍화 방지 대책이 필요한 재료의 판단 기준은 없지만 상부노상에서 재료 품질의 표준치를 판단의 기준으로 개략 설계하고, 공사 초기에 시험시공을 하여 확인하는 것이 바람직하다.

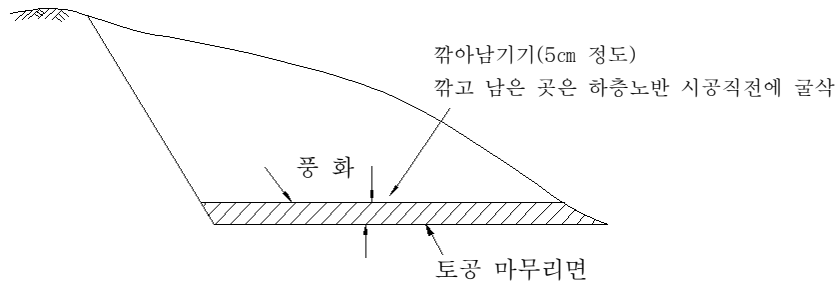


그림 4.34 흙깎기부 노상의 풍화방지대책의 예

### 4.3.5 노상의 안정처리

노상의 안정처리는 현장 내에서 발생한 흙이 필요한 품질을 만족시키지 않는 경우, 다른 공법과 비교하여 경제적이고 공정에 지장을 받지 않는 때에 채용되며, 시공 방법은 과거의 시공 실적, 대상 토량 및 토질 등의 현장 조건을 고려하여 결정하여야 한다. 또한, 첨가재, 첨가량의 선정에 있어서는 첨가재의 특성 및 양생 조건 등을 고려하여 결정하도록 한다.

#### 가. 시공 방법

안정처리의 혼합방법으로는 표 4.22와 같은 방법이 있고, 각 현장 조건에 부합되는 경제적인 방법을 선정한다. 일반적으로 다음과 같은 조건을 갖는 노상의 안정처리에서는 노상 혼합방식이 채용된다.

- ① 현장 내 발생토의 처리가 많다.
- ② 포장공사와 같이 양을 정하여 시공하기가 어렵다.
- ③ 점성이 높은 불량토를 대상으로 한다.

#### 나. 첨가재 및 첨가량의 선정

안정처리에 사용하는 첨가재 및 첨가량을 배합시험, 시험시공의 결과에 의해 처짐 등의 규정을 만족하고 경제적인 것을 선정하지만, 그 선정에 있어서는 다음에 기술하는 첨가재의 특성 등을 고려해서 결정할 필요가 있다.

1) 석회는 시멘트와 비교하여 지경성이기 때문에 단기 강도에 의한 판정으로는 과소평가되는 일도 있다. 따라서 배합시험 및 시험시공에 있어서는 현장의 양생 가능기간을 고려하여 선정하는 것이 바람직하다.

2) 소석회는 겉보기 용적이 크기 때문에 노상을 대상으로 하는 소첨가량인 경우는 동일 첨가량의 시멘트와 비교할 때 혼합성(특히 노상혼합의 경우)이 좋다.

토질별 첨가량은 배합설계에 의하여 결정하는 것을 원칙으로 하고 그렇지 못할 경우에는 표 4.23을 이용하도록 한다.



표 4.22 안정처리노상의 혼합방식과 특징

혼합방식 항목	노상 혼합 방식		원지반 혼합방식 (과일, 트렌치식 등)	플랜트 혼합방식
	스테빌라이저	기타, 플라우, 블레이드 등		
대상 토량 및 흙 배합 조건 등	◎ 대상 흙이 현장 안의 도처에서 발생한다. 1일 시공량이 그다지 많지 않을 때 한 다.(노상의 안정 처리에 일반적으로 사용된다.)	-	-	◎ 대상 흙이 같은 장소(토취장)에서 발생하고 토량이 많은(여러 공사가 연계된)때에 비교 대상이 된다.
대상 흙의 토성	◎ 거의 모든 흙에 적합하다. 단 큰 조약돌(약 10cm 이상)은 제거 혹은 파쇄가 필요.	◎ 큰 조약돌(약 10cm 이상)을 많이 함유해 제거가 곤란한 흙	◎ 운반, 고르기 등 차량의 진입성 확보가 곤란한 고함수비 점성토 등	◎ 입상토, 사질토에 적합하다. ◎ 단 큰 조약돌(약 10cm 이상)은 제거가 필요
	○	생석회처리의 1차 혼합에 사용 되는 것도 있다.	생석회처리의 1차 혼합에 사용 되는 것도 있다.	큰 흙덩이(5cm 이상)를 다량으로 함유할 때 점착 성이 높은 점성 토에서는 각각 분쇄, 강제 건조 등의 예비 처리가 필요
혼합기계	케도식과 차륜식이 있고 토질, 혼합깊이에 따라 선택된다.	불도우저 등에 장착한 플라우, 블레이드 및 셔블계 굴삭기	석회과일타설기 및 트렌치 굴삭기 등	퍼그밀 타입, 로터리 드럼 타입이 일반적이며, 혼합 능력은 기종에 따라서 40~600t/h 정도이다.
	혼합능력은 토질에 따라 다소 다르나 200~300m <sup>3</sup> /h 정도 (혼합 두께 30cm의 경우)이다.			노반제인 시멘트 안정처리로서 제작된 것이며, 점성토 혹은 석회 혼합인 경우에는 개량이 필요한 것도 있다.

표 4.22 (계속)

혼합방식 항목	노상 혼합 방식		원지반 혼합방식 (과일, 트렌치식 등)	플랜트 혼합방식
	스테빌라이저	기타, 플라우, 블레이드 등		
첨가재의 혼합성	○ 플랜트 혼합에 비해 다소 떨어지나 혼합기계의 개량으로 실질적인 문제는 없다	◎ 플레이트, 스테빌라이저에 비해 상당히 혼합성이 떨어져 많은 첨가량이 필요	◎ 혼합성이 떨어져 현장에서 재혼합하든가 많은 첨가량이 필요	○ 균일한 혼합성이 얻어진다.
현장·환경 조건기타	○ 가루모양의 석회일 때 분진대책이 필요한 경우가 많다. 소석회일 때의 대책으로서 20%정도 물을 가한 습윤 소석회가 있다.	○ 스테빌라이저의 경우와 같음.	○ 원지반에 살포했을 때 분진 대책이 필요할 때가 있다.	○ 시공현장에서는 분진 없음. 그러나 플랜트에서는 대책이 필요할 때가 있다. ○ 플랜트 부지 및 전력 급수 설비가 필요

◎ 혼합방식의 선정상 특히 중요한 사항      ○ 혼합방식의 선정상 중요한 사항

표 4.23 토질별 첨가량의 기준(상부노상)

시료의 종류 (통칭)	분류 기호 (일본)	첨 가 량 (%)	
		시 멘 트	소 석 회
모 래	(SP)(S-M)(SM)	2 ~ 5	4 ~ 8
풍화토	(G-M)(S-M)(SM)	2 ~ 4	4 ~ 8
쇄석	(G-M)(G-C)(SM)	2 ~ 4	2 ~ 4
산자갈(모래)	(G-M)(G-C)	2 ~ 6	2 ~ 4

주) 첨가량의 비율은 흙의 건조단위중량에 대한 값

#### 다. 노상의 지지력

일반적으로 포장설계를 하기위한 노상지지력의 설계치(설계CBR, 또는 설계지지력계수)는 CBR시험 및 평판재하시험을 하여 구한다.

## 4.4 포장

### 4.4.1 일반사항

포장은 공종의 특성을 고려하여 포장목적, 시공조건 등에 적합하고 구조상 안전하며 경제적인 공종을 선정한다.

#### 가. 농로포장의 기본

##### 1) 농로포장의 목적

농로포장의 목적은 구조상으로 노면에 가해진 하중을 안전하게 노상에 분배, 전달하고 이용상으로는 일반도로가 노면을 평탄하게 하여 자동차교통의 주행성과 쾌적성 확보를 목적으로 하고 있는데 비하여 농도에서는 그 외에 농수산물 수송 시의 하상방지, 사진, 자갈, 먼지 등 비산에 의한 농수산물, 농지, 농업시설 등의 피해방지, 영농저해의 원인제거의 목적도 크다. 따라서 포장의 공종을 선정하는데 있어서는 영농의 종류, 이용형태, 지형조건 등을 감안하여 교통의 안정성, 쾌적성, 시공성 및 유지관리를 검토하여 각공종의 특성을 충분히 고려하여 선정 한다.

##### 2) 농로포장의 공종

농로포장의 공종은 실용상 토사면포장, 아스팔트포장 및 콘크리트포장의 3종류로 구분 할 수 있다.

##### 가) 토사면포장

토사면포장은 일종의 비포장도로로서 자연흙을 이용하거나 노상위에 자갈, 부순돌, 모래 등을 깔고 그 표면을 노면으로 사용하는 것이나 광의로는 포장로에 속한다고 할 수 있으나 일반적으로 비포장도로 취급한다.

##### 나) 아스팔트포장

아스팔트 포장은 부순돌, 자갈, 모래, 석분 등의 골재를 역청재료로 종합한 표층을 갖는 포장으로서 역학적 성질상 연성포장(Flexible pavement)이라 하며 일반적으로 표층, 중간층, 기층 및 보조기층으로 이루어진다. 아스팔트포장은 콘크리트포장에 비하여 평탄성이 좋으며 유지보수가 용이한 장점이 있다.

##### 다) 콘크리트포장

콘크리트포장은 콘크리트슬래브를 표층으로 하는 포장으로서 일반적으로 콘크리트슬래브 및 보조기층으로 구성되어 있으며 보조기층은 상부보조기층과 하부보조기층으로 구성할 수도 있다.

주) 콘크리트슬래브는 강성으로서 운하중에 의한 휨응력에 저항함으로서 콘크리트포장을 강성포장(Rigid pavement)이라고 하며 콘크리트포장은 아스팔트포장에 비해 수명이 길고 중차량에 잘 견딘다. 일반적으로 아스팔트포장보다 시공비가 고가이고, 파손되었을 경우에 수리가 곤란하다. 그러므로 다음과 같은 경우에 콘크리트포장으로 검토한다.

- ① 포장슬래브를 다른 콘크리트구조물(교량, 암거, 방호시설 등)과 일체로 해서 시공하는 것이 유리한 경우.
- ② 지형기울기나 구조상의 조건이 아스팔트포장에 적당하지 않은 경우.
- ③ 아스팔트 포장의 시공이 곤란한 경우.
- ④ 특히 내마모성이 요구되는 경우.
- ⑤ 유지류에 의한 노면오염이 예상되어 아스팔트포장이 부적당한 경우.

(참고) 아스팔트포장과 콘크리트포장의 비교

구분	아스팔트포장	콘크리트포장
특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>역학적으로 연성포장(Flexible pavement)으로 고온시에 변형과 마모가 크다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>강성포장(Rigid pavement)으로 고온시에 변형이 없으며 마모가 적다</li> </ul>
표층재료	<ul style="list-style-type: none"> <li>가열 및 상온 아스팔트 혼합물</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>콘크리트</li> </ul>
기술적인 면	<ul style="list-style-type: none"> <li>설계 및 시공실적이 많고 일반화 되어 있다.</li> <li>시공 장비, 기술 인력의 확보가 일반화 되어 있고 시공이 용이하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고속도로 등에 중점적으로 이용 중에 있으며 역사는 짧으나 설계 및 시공 실적이 상당히 축적되어 가고 있다.</li> <li>시공 장비, 기술인력 및 자료가 비교적 제한되어 있고 고도의 정밀 시공이 요구되는 등 시공이 어렵다.</li> </ul>
경제적인 면	<ul style="list-style-type: none"> <li>초기건설비의 비교 고급도로 : 고가(7~10%) 저급도로 : 저가</li> <li>내구성이 낮다(5~10년) 교통량에 따라 다르나 마모에 따른 덧씌우기가 필요하므로 장비만 구비되면 유지보수 용이하나 유지보수비가 높다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고급도로 : 고가 저급도로 : 저가</li> <li>내구성이 높아 정밀시공만 하면 내구연한까지 보수가 적다(20~40년)</li> </ul>
시공성	<ul style="list-style-type: none"> <li>시공속도가 빠르다.</li> <li>교통규제의 필요성이 없고 교통 개방이 빠르다.</li> <li>시공기술 장비가 일반화 되어 있어 시공에 문제점이 없다.</li> <li>보조기층의 지지력으로 교통하중에 저항할 수 있어 강한 표층이 필요 없다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시공속도가 느리고 시공시기가 제한된다.</li> <li>교통규제에 따른 가설도로가 필요하며 교통개방이 늦다.</li> <li>시공장비의 대형화와 고급도로 및 신설도로에 적합하다.</li> <li>정밀한 시공과 철저한 품질관리가 필요하고 노상침하방지대책이 필요하다</li> </ul>
유지관리면	<ul style="list-style-type: none"> <li>교통량이 많은 도로에서는 덧씌우기 등에 따른 유지보수비가 많다.</li> <li>교통소음이 콘크리트포장에 비하여 적다.</li> <li>노면에 마찰저항이 적다.</li> <li>승차감이 좋다</li> <li>야간에 차선 혼동이 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시공속도가 느리고 시공시기가 제한된다.</li> <li>교통규제에 따른 가설도로가 필요하며 교통개방이 늦다.</li> <li>시공장비의 대형화와 고급도로 및 신설도로에 적합하다.</li> <li>야간에 차선이 뚜렷해진다</li> </ul>

3) 교통량의 구분

포장의 두께의 설계에 사용하는 설계교통량은 5년후 교통량의 1일추정통과대수로

한다. 1차선의 경우 1일 2방향 합계대수, 2차선의 경우는 교통량이 많은 1일 1방향 통과대수로 하고 그 대수에 따라 표 3.1과 같이 교통량을 구분함을 원칙으로 한다. 다만 현지의 특수사정에 따라 계획교통량이 대폭 변동되는 사태가 예측되는 경우에는 사태가 예측되는 경우에는 그 환경조건을 고려하여 교통량구분을 조정하는 것이 좋다. 중하중이란 화물자동차, 버스 및 특수자동차를 말한다.

#### 나. 포장의 단면구성

포장단면의 일반적 구성에는 그림 4.35, 36 및 37과 같다

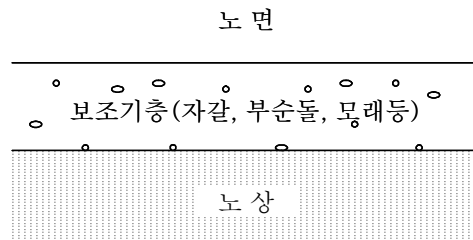


그림 4.35 토사계포장단면의 구성예

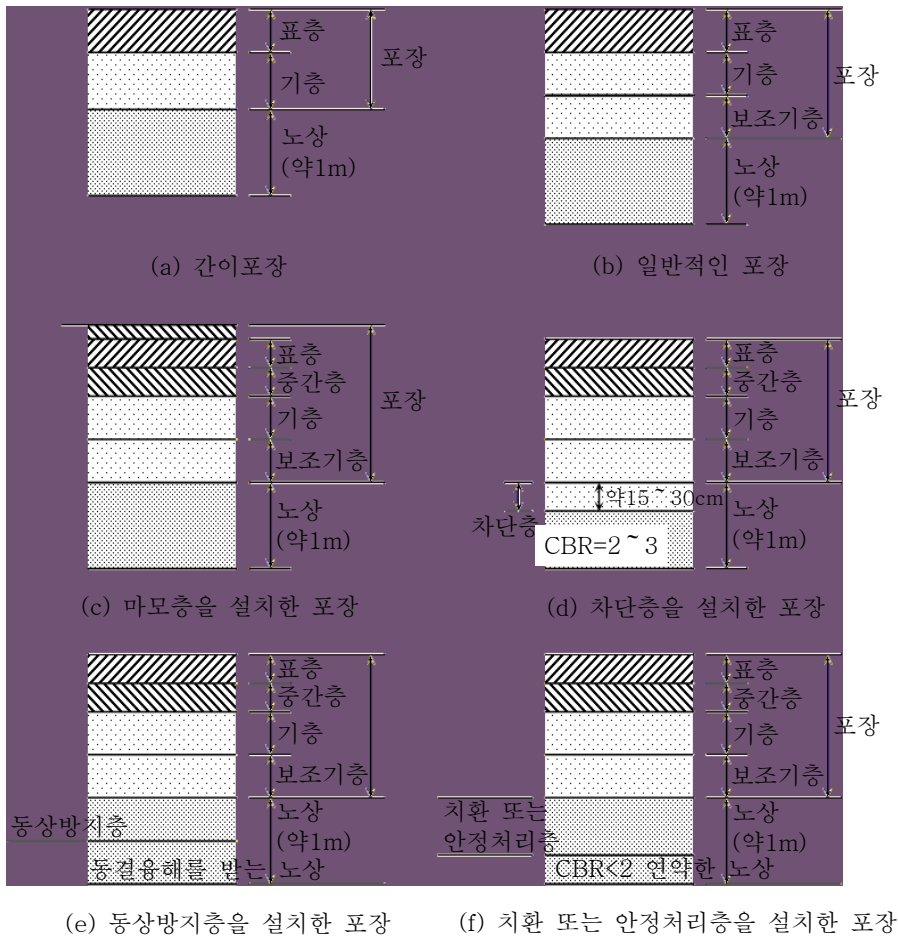


그림 4.36 아스팔트 포장단면의 구성예

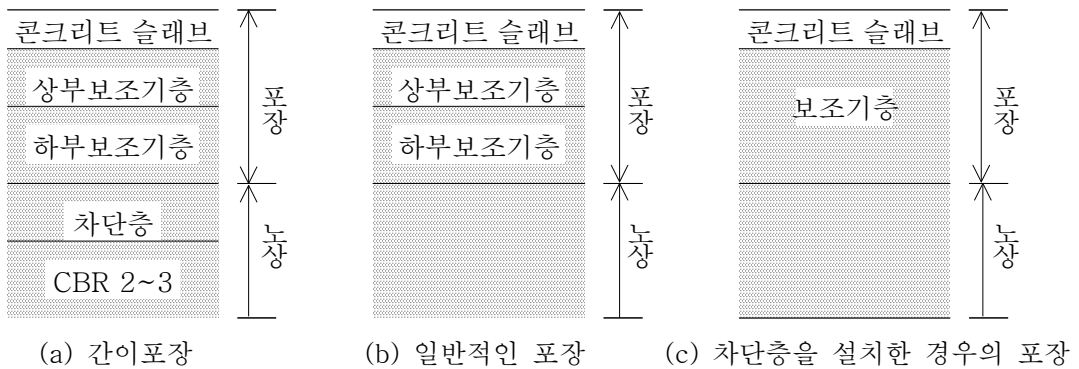


그림 4.37 콘크리트 포장단면의 구성예

1) 보조기층

보조기층은 상부의 포장부분을 지지하는 동시에 노면에 가해지는 하중을 분산하는 기능을 갖는 부분으로 충분한 지지력과 내구성의 재료를 사용한다. 콘크리트포장에서는 보조기층으로서 상당한 두께가 필요한 경우는 경제적, 역학적 균형을 갖는 구

조를 이루도록 상부보조기층과 하부보조기층으로 구성하여 구성할 수도 있다. 일반적으로 상부보조기층은 지지력이 큰 양질의 재료를 사용하며 하부보조기층에는 파쇄한 자갈, 부순돌 등 현지에서 경제적으로 입수할 수 있는 재료가 사용되고 있다. 그러나 현지재료를 입수 할 수 없는 경우에는 시멘트 석회 등으로 안정처리를 하여 하부보조기층을 시공하는 경우가 있다 기설자갈도의 재래자갈층은 보조기층으로 이용되는 경우가 많다.

## 2) 기층

아스팔트포장의 기층에는 입도조정, 시멘트안정처리, 역청안정처리, 침투식 등의 공법이 사용된다. 침투식공법을 제외하고는 재료의 최대입경이 40mm 이상이며, 또한 1층의 마무리 두께의 1/2이하이어야 한다. 입도조정을 한 재료는 수정CBR이 80이상이고, No.40체 통과분의 소성지수는 4이하 이어야한다

## 3) 중간층

아스팔트포장의 중간층은 기층위에 있으며, 그 요철(凹凸)을 보정하여 기층에 가해지는 하중을 균일하게 기층에 전달하는 기능을 가지고 있으며, 보통 가열아스팔트 혼합물로 만들어 진다. 포장두께가 얇은 경우에는 중간층을 설치하지 않는 경우도 있다.

## 4) 표층

표층은 포장의 최상부에 있으며 아스팔트 또는 콘크리트로 포설 피복한다. 교통 차량에 의한 마모와 전단에 저항하여 노면을 평탄하고 표면을 수밀하게 하여, 우수 등의 침입을 방지하는 기능을 가지는 것이어야 한다.

## 5) 마모층

아스팔트포장의 경우 필요에 따라 마모라 차량의 미끄러짐을 방지할 목적으로 내마모용 혼합물을 사용하여 설치하는 층이다. 표층은 일반적으로 교통작용에 의한 전단력 등에 충분히 저항하도록 설계되어 있다. 타이어 체인이나 특수타이어 등에 의한 마모가 많이 된다고 판단되는 경우에 표층위에 마모층을 둘 수 있다. 마모층의 두께는 1~2cm 정도인데 구조적인 측면에서는 포장두께에 포함하지 않는다.

### 4.4.2 재료

농로포장에 사용하는 재료는 소정의 규격에 적합한 것, 또는 이에 준하는 것으로 한다.



농로포장에 사용하는 재료는 교통량 또는 지역의 특수한 기상조건 등에 적절한 것이어야 한다. 포장에 쓰이는 재료는 역청재료, 골재, 시멘트, 안정재, 혼화재 등으로 구분 할 수 있다. 이들 재료의 사용에는 충분한 조사와 시험을 하여 사용방법 및 저장 방법 등을 신중히 결정해야 한다.

**가. 역청재료**

1) 이반사항

역청재료에는 도로포장용 아스팔트, 유화아스팔트, 커트백아스팔트, 포장타르 타르 있다. 포장에 쓰이는 경우에는 소정의 규격에 적합하고 품질변동이 적어야 한다.

2) 도로포장용 아스팔트

도로포장용 아스팔트는 원유의 증유잔사, 또는 이들을 조합한 것이나 공기처리한 것 등이며 그 성상은 원유나 제조방법 등에 따라 달라진다. 농로포장용 아스팔트는 침입도에 따라 5가지로 구분하며 그 품질은 표 4.24 의 규격에 적합해야 한다.

표 4.24 도로포장용 아스팔트 규격(KS M2201)

항목 \ 종류	침입도 등급				
	40~60	60~80	80~100	100~120	120~150
침입도(25℃, 100g, 5초)	40~60	60~80	80~100	100~120	120~150
인화점(℃)	260이상	260이상	260이상	260이상	240이상
신도(15℃, cm)	10이상	100이상	100이상	100이상	100이상
박막가열침입도잔유율 (원침입도에 대한 %)	58이상	55이상	50이상	50이상	-
박막가열후질량변화율 (무게, %)	0.6이하	0.6이하	0.6이하	0.6이하	-
트로클로로에탄 가용분(%)	99.0이상	99.0이상	99.0이상	99.0이상	99.0이상

주)1. 우리나라에서의 도로포장에는 주로 AC85~100이 사용되며 AC60~70도 일부 사용된다.

2. COC\* : Cleverland Open Cup의 약자

아스팔트의 등급을 결정하는 기준으로는 상온에서의 굳기 정도 외에 가열했을 때의 점성이 있다. 아스팔트시멘트는 상온에서 반고체상으로 존재하므로 도로포장체인 아스팔트 콘크리트로 만들기 위해서는 가열하여 점성이 낮은 액체상태로 골재와 혼합하게 된다.

고온으로 가열했을 때는 점성에 따른 규격은 표 4.25, 4.26, 4.27에 규정되어 있다.

표 4.25 점도분류에 의한 도로포장용 아스팔트(1종) (KS M 2208)

항목		종류	AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
점도	60℃,P		250±50	500±100	1,000±200	2,000±400	4,000±800
	135℃,cSt		80이상	110이상	150이상	210이상	300이상
침입도(25℃, 100g,5초)			200이상	120이상	70이상	40이상	20이상
인화점(COC)			163이상	177이상	219이상	232이상	232이상
트로클로로에탄가용분(%)			99이상	99이상	99이상	99이상	99이상
박막가열 후잔류물	점도 P(60℃)		1,250이상	2,500이하	5,000이하	10,000이하	20,000이하
	신도cm(25℃*)		100이상	100이상	50이상	20이상	10이상

- 주) 1. 만약 신도가 100미만이어도 15.5℃에서 신도가 5cm/min비율로 100이상이면 관계 없다  
 2. ASTM에 의하면 점도에 의한 분류 중 1,2,3종은 수요자가 어느 하나를 용도에 따라 선택하여 사용한다.  
 ※ASTM : American Society for Test and materials

표 4.26 점도분류에 의한 도로포장용 아스팔트(2종) (KS M 2208)

항목		종류	AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
점도	60℃,P		250±50	500±100	1,000±200	2,000±400	4,000±800
	135℃,cSt		125이상	175이상	250이상	300이상	400이상
침입도(25℃, 100g,5초)			220이상	140이상	80이상	60이상	40이상
인화점(COC)			163이상	177이상	219이상	232이상	232이상
트로클로로에탄가용분(%)			99이상	99이상	99이상	99이상	99이상
박막가열 후잔류물	점도 P(60℃)		1,250이상	2,500이하	5,000이하	10,000이하	20,000이하
	신도cm(25℃*)		100이상	100이상	75이상	50이상	25이상

- 주) \*만약 신도가 100미만이어도 15.5℃에서 신도가 5cm/min비율로 100이상이면 관계 없다.

표 4.27 점도분류에 의한 도로포장용 아스팔트(3종) (KS M 2208)

롤링 박막가열실험 후 잔류물에 대한 시험*		종 류				
		AR-1,000	AR-2,000	AR-4,000	AR-8,000	AR16,000
점도	60℃,P	1,000±250	2,000±500	4,000±1,000	8,000±2,000	16,000±4,000
	135℃,cSt	140이상	200이상	275이상	400이상	550이상
침입도(25℃, 100g,5초)		65이상	40이상	25이상	20이상	20이상
원침입도비 %(25℃)		-	40이상	45이상	50이상	52이상
신도 cm(25℃)		100**이상	100**이상	75이상	75이상	75이상
원아스팔트에 대한 시험	인화점℃(COC)	1,250이상	2,500이하	5,000이하	10,000이하	20,000이하
	트로클로로에탄 가용분(%)	99이상	99이상	99이상	99이상	99이상

주) 1.\*박막가열시험으로도 좋지만 롤링 박막가열시험에 규정된 시험방법에 따라야 한다.

2.\*\*만약 신도가 100미만이어도 15.5℃에서 신도가 5cm/min 비율로 100이상이면 관계 없다

### 3) 유화 아스팔트

유화 아스팔트는 비교적 연질인 아스팔트를 유화제와 안정제를 포함해서 수중에 분산시킨 것으로 양이온계와 음이온계로 나누고 표 4.28과 같이 구분한다.

표 4.28 유화 아스팔트의 종류

종 류		용 도
양이온계 유화아스팔트	음이온계 유화아스팔트	
RS(C)-1	RS(A)-1	보통 침투용 및 표면 처리용(동계용 제외) 동계침투용 및 동계표면처리제용 프라임코우트 및 소일시멘트양생용 택코우트용
RS(C)-2	RS(A)-2	
RS(C)-3	RS(A)-3	
RS(C)-4	RS(A)-4	
MS(C)-1	MS(A)-1	조립도 골재 혼합용
MS(C)-2	MS(A)-2	밀입도 골재 혼합용
MS(C)-3	MS(A)-3	소일아스팔트 혼합용

주) RS : 급속응결(Rapid-setting),  
 C : 양이온(Cationic)

MS : 중속응결(Medium-setting)  
 A : 음이온(Anionic)

유화아스팔트는 골재에 접해서 분해생성한 아스팔트 피막의 부착성이 좋고, 빗물, 기타를 재유화 하지 않는 것으로 품질규격은 표 4.29의 규격에 적합한 것이어야 한다.

표 4.29 유화아스팔트의 규격 (KS M 2203)

(1) 양이온계 유화 아스팔트

항목	종류	RS(C)				MS(C)		
		1	2	3	4	1	2	3
점도(엔그라도 25℃)		2 ~ 15		2 ~ 8	2 ~ 10	3 ~ 40		
체찌기(1190μ)(%)		0.3이하						
저장안정도(5일)(%)		5이하						
부 착 시 험		합 격				-		
저온 안정도(-5℃)		-	합격		-			
개립도 골재혼합물시험		-			합격 <sup>(1)</sup>	합격	-	
밀입도 골재혼합물시험		-				합격		-
토양혼합시험		-						
입자의 전하		양(+)						
증 발 찌 끼	찌끼 (%)	55이상		53이상	55이상	57이상		
	침입도 <sup>(2)</sup> (25℃)	100 ~ 200	150 ~ 300 <sup>(3)</sup>	100 ~ 300 <sup>(3)</sup>	100 ~ 200	80 ~ 200	60 ~ 200	60 ~ 300 <sup>(3)</sup>
	신도(25) cm	40이상				40이상		
	트리클로로에탄 가용분(%)	98이상				97이상		

(2) 음이온계 유화 아스팔트

항목	종류	RS(A)				MS(A)		
		1	2	3	4	1	2	3
점도(엔그라도 25℃)		2~15		2~8	2~10	3~40		
체찌기(1190μ)(%)		0.3이하						
저장안정도(5일)(%)		5이하						
골재피막시험(40℃,5분)		합격						
저온안정도(-5℃)		-	합격		-			
개립도 골재혼합물시험		-			합격 <sup>(1)</sup>	합격	-	
밀입도 골재혼합물시험		-				합격	-	
토양혼합시험		-						
증발찌끼	찌끼 (%)	55이상		53이상	55이상	57이상		
	침입도 <sup>(2)</sup> (25℃)	100~200	150~300 <sup>(3)</sup>	100~300 <sup>(3)</sup>	100~200	80~200	60~200	60~300 <sup>(3)</sup>
	신도(25) cm	40이상				40이상		
	트리클로로에탄 가용분(%)	98이상				97이상		

- 주) 1. RS(C)-4, RS(A)-4 개립도 골재혼합시험은 인수 인도당사자 사이의 협정에 의하여 생략할 수 있다.  
 2. 찌기의 침입도는 인도 인수 당사자 사이의 협정에 따라 표 범위로 나눌 수 있다.

RS(C)-1	RS(C)-2	RS(C)-3	RS(C)-4	MS(C)-1	MS(C)-2	MS(C)-3
RS(A)-1	RS(A)-2	RS(A)-3	RS(A)-4	MS(A)-1	MS(A)-2	MS(A)-3
100~150	150~300	100~150	100~150	80~120	60~100	60~100
120~200	-	120~220	120~200	100~150	80~120	80~120
-	-	150~300	-	120~200	100~150	100~150
-	-	-	-	-	120~200	120~200
-	-	-	-	-	-	150~300

주) RS(C)-2,RS(A)-2의 찌기의 침입도는 인수 인도 당사자 사이의 협정에 의하여 300을 초과할 수 있다.

4) 커트백 아스팔트

커트백 아스팔트는 보통 침입도 60~150의 스트레이트 아스팔트로 유출범위 140~360℃의 석유유출을 용제로 가한 것으로서 그 점도는 스트레이트 아스팔트의 성상, 용제의 조성이나 양에 따라 다르며 용도에 급속경화형과 중속경화형으로 나누고, 점도에 따라 6종으로 구분한다. 커트백 아스팔트는 사용전에 용제가 분리하거나 응고가

생기지 않는 것으로서 그 품질은 표 4.30의 규격에 적합한 것이어야 한다.

표 4.30 컷트백 아스팔트 규격(KS M 2202)

(1)급속경화형(RC)

종류 항목	RS-0 <sup>(1)</sup>	RC-1 <sup>(1,2,4)</sup>	RC-2 <sup>(1,2,3)</sup>	RC-3 <sup>(1,2,4)</sup>	RC-4 <sup>(1,4)</sup>	RC-5 <sup>(1,4,5)</sup>
인화점(TOC, °C)			27이하	27이하	27이하	27이하
점도(SFS) (11)						
25°C	75 ~ 150					
50°C		75 ~ 150				
60°C			100 ~ 200	250 ~ 500		
82.2°C					125 ~ 250	300 ~ 600
증류시험 증류량 (360°C까지의유출 량에 대한 부피 %)						
190°C까지	15이상	10이상				
225°C까지	55이상	50이상	40이상	25이상	8이상	
260°C까지	75이상	70이상	65이상	55이상	40이상	25이상
316°C까지	90이상	88이상	80이상	80이상	80이상	70이상
증류찌꺼기(360°C까지증 류한 찌꺼기에 대한 부 피,%)	50이상	60이상	67이상	73이상	73이상	82이상
증류찌꺼기시험 침입도(25°C,100g,5분)	80 ~ 120	80 ~ 120	80 ~ 120	80 ~ 120	80 ~ 120	80 ~ 120
시도(25°C,cm)	100이상	100이상	100이상	100이상	100이상	100이상
트리클로로에틸렌 가용분(%)	99.0이상	99.0이상	99.0이상	99.0이상	99.0이상	99.0이상

(2)중속경화형(MC)

항목	종류					
	MC-0 <sup>(6)</sup>	MC-1 <sup>(6)</sup>	MC-2 <sup>(1,6,8,9)</sup>	MC-3 <sup>(1,2,3,7,9)</sup>	MC-4 <sup>(1,2,3,9)</sup>	MC-5 <sup>(1,9)</sup>
인화점(TOC,℃)	38이상	38이상	66이하	66이하	66이하	66이하
점도(SFS) (11)						
25℃	75 ~ 150					
50℃		75 ~ 150				
60℃						
82.2℃			100 ~ 120	250 ~ 500	125 ~ 250	300 ~ 600
증류시험 증류량 (360℃까지의유출 량에 대한 부피 %)						
190℃까지						
225℃까지	25이하	20이하	10이하	5이하	0	0
260℃까지	40 ~ 70	25 ~ 65	15 ~ 55	5 ~ 40	30이하	20이하
316℃까지	75 ~ 93	70 ~ 90	60 ~ 87	55 ~ 85	40 ~ 80	20 ~ 75
증류찌꺼기(360℃까지증 류한 찌꺼기에 대한 부 피,%)	50이상	60이상	67이상	73이상	78이상	82이상
증류찌꺼기시험 침입도(25℃,100g,5분)	120 ~ 130	120 ~ 300	120 ~ 130	120 ~ 300	120 ~ 130	120 ~ 300
시도(25℃,cm)	100이상	100이상	100이상	100이상	100이상	100이상
트리클로로에틸렌 가용분(%)	99.0이상	99.0이상	99.0이상	99.0이상	99.0이상	99.0이상

주) 1.표면처리용 결합재

2.개립도 골재로서 노상혼합 공사용 결합재

3.개립도 골재로서 상온보수공사 혼합물용 결합재

4.개립도 골재로서 상온포설공사 기계혼합용 결합재

5.찬 기후조건하에서 침투식 머캐덤 공사용 결합재

6.프라임용(Priming)

7.밀입도 골재로서 노상혼합 공사용 결합재

8.밀입도 골재로서 상온보수공사 혼합물용 결합재

9.밀입도 골재로서 상온포설공사 기계혼합용 결합재

※ 만일, 중속경화용 커트백 아스팔트(MC) 찌꺼기의 침입도가 200℃ 이상이고 25℃에

서 신도가 100이하라면 15.6℃에서의 신도가 100이상이면 합격으로 본다.

### 5) 포장타르

포장타르의 원료로 되는 조타르에는 석탄건류때 생성되는 콜탈석유를 열분해하여 가스를 제조할 때 생성되는 오일타르 등이 있으며, 그 성상은 원료탄이나 건류방법, 원료유나 분해방법 등에 따라 달라진다. 포장 타르에는 조타르를 증류해서 수분이나 휘발분의 일부를 제거한 직류타르와 조타르를 증류해서 유분과 찌꺼기로 나누어 이들을 적당히 배합한 커트백타르가 있다 포장타르의 품질은 표 4.31의 규격에 적합한 것이어야 한다.

표 4.31 포장타르의 규격(KS M 2206)

#### (1)포장타르 A

구 분	1호	2호	3호	4호	5호	6호
증점도 온도(EVT)℃	-12 ~ 2	-2 ~ 8	8 ~ 16	16 ~ 24	24 ~ 32	23 ~ 40
비중(25/25℃)	1.10 ~ 1.25	1.10 ~ 1.25	1.10 ~ 1.25	1.10 ~ 1.25	1.15 ~ 1.30	1.15 ~ 1.30
수분(%)	1이하 <sup>(2)</sup>	1이하 <sup>(2)</sup>	1이하 <sup>(2)</sup>	1이하	1이하	1이하
톨루엔 불용분 (탈수리료에 대하여)%	20이하	20이하	20이하	20이하	25이하	25이하
나프탈렌분 (탈수리료에 대하여)%	4이하	4이하	4이하	4이하	4이하	4이하
산성유분((탈수리료에 대하여(ml/100g))	3이하	3이하	3이하	3이하	3이하	3이하
증류시험(%) (탈수리료에 대하여)						
220℃까지의 유출량	5 ~ 30	5 ~ 30	2 ~ 20	2 ~ 20	1 ~ 15	1 ~ 15
270℃까지의 유출량	10 ~ 35	10 ~ 35	5 ~ 25	5 ~ 25	3 ~ 25	3 ~ 25
300℃까지의 유출량	15 ~ 45	15 ~ 45	10 ~ 35	5 ~ 35	5 ~ 35	5 ~ 25
300℃증류 잔류물의 연화점(환구법)(℃)	35 ~ 60	35 ~ 60	35 ~ 60	35 ~ 60	35 ~ 60	35 ~ 60
인화점(태그개방식)(℃)	40이상	40이상	40이상	40이상	60이상	60이상

주)<sup>(2)</sup>플라이머용으로 사용하는 경우에는 3이하도 좋다



(2)포장타르 B

구 분	1호	2호	3호	4호	5호
증점도 온도(EVT)℃	-12 ~ -2	-2 ~ 8	8 ~ 16	16 ~ 24	24 ~ 32
비중(25/25℃)	1.10 ~ 1.25	1.10 ~ 1.25	1.10 ~ 1.25	1.10 ~ 1.25	1.15 ~ 1.25
수분(%)	1이하 <sup>(3)</sup>	1이하 <sup>(3)</sup>	1이하 <sup>(3)</sup>	1이하	1이하
톨루엔 불용분 (탈수리료에 대하여)%	20이하	20이하	20이하	20이하	25이하
나프탈렌분 (탈수리료에 대하여)%	4이하	4이하	4이하	4이하	4이하
산성유분((탈수리료에 대하여(ml/100g))	3이하	3이하	3이하	3이하	3이하
증류시험(%) (탈수리료에 대하여)					
220℃까지의 유출량	0 ~ 10	0 ~ 10	0 ~ 10	0 ~ 10	0 ~ 8
270℃까지의 유출량	5 ~ 35	5 ~ 35	3 ~ 35	2 ~ 25	1 ~ 25
300℃까지의 유출량	15 ~ 45	15 ~ 45	15 ~ 45	5 ~ 35	5 ~ 35
300℃증류 잔류물의 연화점 (환구법)(℃)	25 ~ 50	25 ~ 50	25 ~ 50	35 ~ 60	35 ~ 60
인화점(클리블랜드법)(℃)	90이상	90이상	90이상	90이상	100이상
기포 시험	-	-	-	-	합격

주)플라이머용으로 사용하는 경우에는 3이하도 좋다.

(3)포장타르 C

구 분	1호	2호	3호
중점도 온도(EVT)℃	34 ~ 40	40 ~ 50	50 ~ 65
비중(25/25℃)	1.15 ~ 1.30	1.15 ~ 1.30	1.15 ~ 1.30
수분(%)	1이하	1이하	1이하
톨루엔 불용분(탈수리료에 대하여)%	25이하	25이하	25이하
나프탈렌분 (탈수리료에 대하여)%	3이하	3이하	3이하
산성유분((탈수리료에 대하여(ml/100g))	2이하	2이하	2이하
증류시험(%) (탈수리료에 대하여)			
220℃까지의 유출량	5이하	5이하	2이하
270℃까지의 유출량	25이하	15이하	5이하
300℃까지의 유출량	35이하	20이하	10이하
300℃증류 잔류물의 연화점(환구법)(℃)	35 ~ 60	35 ~ 60	35 ~ 60
인화점(클리블랜드법)(℃)	100이상	100이상	100이상
기포 시험	합격	합격	합격

(참고) 포장타르의 주용도(공법별, 시기별)

용	품 종 도 시기별	포장타르 A						포장타르 B					포장타르 C		
		1호	2호	3호	4호	5호	6호	1호	2호	3호	4호	5호	1호	2호	3호
프라임코우트	동절용	○	○	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-
	춘추용	○	○	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-
	하절용	-	○	○	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-
택 코 우 트	동절용	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-
	춘추용	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-
	하절용	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○
실 코 우 트	동절용	-	-	-	○	○	-	-	-	-	○	○	-	-	-
	춘추용	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	○	○	-	-
	하절용	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-
방 진 처 리	동절용	-	-	○	○	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-
	춘추용	-	-	-	○	○	-	-	-	-	○	○	-	-	-
	하절용	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	○	○	○	-
침 투 식	동절용	-	-	○	○	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-
	춘추용	-	-	-	○	○	-	-	-	-	○	○	-	-	-
	하절용	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	○	○	○	-
상온혼합물	동절용	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	춘추용	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	하절용	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
표 면 처 리 (표면재생)	동절용	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-
	춘추용	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-
	하절용	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-
표 면 처 리 (일반보강)	동절용	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-
	춘추용	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-
	하절용	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○
가 열 혼 합 식	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○

6) 개질아스팔트

개질아스팔트는 포장용아스팔트의 성질을 개선하여 60℃정도를 높인 세미블로운

아스팔트(Semiblow asphalt), 아스팔트의 취성을 보완하기 위해 가황고무를 혼합한 고무혼입아스팔트 고온시의 유동성저항의 개량을 도모한 열가소성수지아스팔트가 있다.

가) 세미블로운 아스팔트

세미블로운 아스팔트는 스트레이트 아스팔트를 조작(가열한 공기를 흡입한 조작)하여 감온성을 개선하고 60℃점도를 개선하고 60점도는 일반적으로 사용되는 포장용 석유 아스팔트에 비해 3~10배 높다 따라서 중교통도로에 대한 내유동성을 기대할 수 있다.

표 4.31 세미블로운 아스팔트 규격

항 목	규격치
점도(60℃) (Poise)	14,000±4,000
점도(180℃) (cSt)	200이하
박막가열중량변화율(%)	0.6이하
침입도(25℃), 1/10mm	40이상
트리클로로에틸렌 가용분	99.0이상
인화점(℃)	260이상
밀도(15℃)(g/cm <sup>3</sup> )	1,000이상
점도비(60℃박막가열후/가열전)	5이하

나) 고무혼입아스팔트

고무를 아스팔트와 혼합해서 아스팔트의 성질을 개선한 것으로 고무아스팔트는 산악, 한랭지 등에서 취성과피방지 강설 또는 노면동결시 타이어체인에 의한 내마모, 하절기에 내유동성을 기대할 수 있다. 고무혼입아스팔트는 프리믹스형과 플랜트믹스형으로 분류되며 프리믹스형은 공장에서 아스팔트에 고무를 첨가시켜 고무혼입아스팔트로 만든 것이고, 플랜트믹스형은 플랜트에서 혼합시에 아스팔트와 함께 고무의 유화액을 첨가 시키는 것이다. 아스팔트에 고무가 첨가되면 연화점이 상승되고, 점착력이 증대되며 점도의 증가로 고온시에 내유동성에서 위성이 개선된다.

다) 열가소성수지 아스팔트

아스팔트에 열가소성수지가 첨가되면 내유동성이 증대된다. 아스팔트에 첨가하는

열가소성수지는 아스팔트의 유동저항성을 높이는 것이어야 하며 가열시에 유독가스가 발생하지 않는 것이어야 한다. 경우에 따라서는 열가소성수지와 고무를 동시에 아스팔트에 첨가시켜 아스팔트의 성질을 개선시킬 수도 있다. 일반적으로 침입도가 너무 작지 않고, 연화점 60℃점도를 높게 한 아스팔트를 사용한다.

### 나. 시멘트

포장용 콘크리트 및 시멘트 안정처리에 사용하는 시멘트는 KS에 적합한 것으로 품질의 변화가 적은 것이어야 한다. KS에는 KS L 5201 포틀랜드 시멘트 (보통, 중용열, 조강, 저열 내황산) KS L 5210 고로슬래그 시멘트, KS L 5401 포틀랜드졸란 시멘트, KS L 5211 플라이애쉬 시멘트 등이 있으며 포장용 콘크리트에 사용하는 시멘트는 휨강도가 크고 수축이 적으며 조기발열량이 낮은 것이 좋다. 일반적으로 콘크리트포장인 경우에는 보통포틀랜드시멘트가 쓰이고, 조강포틀랜드 시멘트는 조기강도를 필요로 할 겨우 또는 한중에 시공할 경우에 사용한다. 중용열 포틀랜드 시멘트는 발열량이 적고 장기강도가 크다. 또, 시멘트 안정처리첨가재료는 일반적으로 보통포틀랜드 시멘트 또는 고로슬래그 시멘트를 사용하고 있다. 포틀랜드 시멘트의 품질규격은 표 4.32와 같다.

표 4.32. 포틀랜드 시멘트의 규격(KS L 5201)

#### (1) 화학성분

항목	종류				
	1종	2종	3종	4종	5종
실리카(SiO <sub>2</sub> ) %		20.0			
산화알루미늄(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) %		6.0			
산화제이철(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) %		6.0		6.5	
산화마그네슘(MgO) %	5.0이하	5.0이하	5.0이하	5.0이하	5.0이하
삼산화황(SO <sub>3</sub> ) %					
C <sub>3</sub> A 8% 이하일 때 %	3.0이하	3.0이하	3.5이하	2.3이하	2.3이하
C <sub>3</sub> A 8% 이상일 때 %	3.5이하		4.5이하		
감열 감량 %	3.0이하	3.0이하	3.0이하	2.5이하	3.0이하
C <sub>3</sub> S				35이하	
C <sub>3</sub> S				40이하	
C <sub>3</sub> A		8이하	15이하	7이하	5이하
C <sub>3</sub> S + C <sub>3</sub> A %		58이하			
C <sub>4</sub> AF + 2(C <sub>3</sub> A), 혹은 (C <sub>4</sub> AF + C <sub>2</sub> F)고용체 %					25이하

주) 1. 화학성분을 기호로 표시할 때, C=CaO, S=SiO<sub>2</sub>, A=Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, F=Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 한다. 보

기를 들면  $C_3A=3CaO \cdot Al_2O_3$

2.  $Al_2O_3$ 와  $Fe_2O_3$ 의 함량비 [ $Al_2O_3(\%)/C_4AF(\%)$ ]가 0.64이상일 경우에 규산삼석회( $C_3S$ ), 규산이석회( $C_2S$ ), 알루미늄산삼석회( $C_3A$ ) 및 알루미늄산철사석회( $C_4AF$ )는, 화학분석 결과에서 다음 식에 따라 계산한다.

$$C_3S=[4.071 \times CaO(\%)] - [7.600 \times SiO_2(\%)] - [6.718 \times Al_2O_3(\%)] - [1.430 \times Fe_2O_3(\%)] - [2.852 \times SO_3(\%)]$$

$$C_2S=[2.867 \times SiO_2(\%)] - [0.7544 \times C_3S(\%)]$$

$$C_4AF=[3.043 \times C_4AF(\%)]$$

$Al_2O_3$ 와  $Fe_2O_3$ 의 함량비 [ $Al_2O_3(\%)/C_4AF(\%)$ ]가 0.64보다 적을 경우에는 알루미늄산철석회 고용체[( $C_4AF + C_2F$ )고용체]가 생성되며, 이 고용체 및 규산삼석회( $C_3S$ )는 다음 식에 따라 계산한다.

$$[(C_4AF + C_2F)고용체] = [2.100 \times Al_2O_3(\%)] + 1.702 \times Fe_2O_3(\%)$$

$$C_3S = [4.071 \times CaO(\%)] - [7.600 \times SiO_2(\%)] - [4.479 \times Al_2O_3(\%)] - [2.859 \times Fe_2O_3(\%)] - [2.852 \times SO_3(\%)]$$

이 경우 시멘트 중에  $C_3A$ 는 존재하지 않으며  $C_2S$ 는 앞의 식에 의해 계산한다. 이들 계산에서는 분석 결과치를 소수점 이하 한 자리까지 계산하고 정수를 끝맺는다.

(2) 물리성능

항 목		종 류					
		1 종	2 종	3 종	4 종	5 종	
분 말 도	비 표면적(Blaine) $cm^2/g$	2800이상	2800이상	3300이상	2800이상	2800이상	
안 정 도	오토클레이브 팽창도 %	0.8이하	0.8이하	0.8이하	0.8이하	0.8이하	
응결시간	길모여 시험	초결(분)	60이상	60이상	60이상	60이상	60이상
		종결(시간)	10이하	10이하	10이하	10이하	10이하
수 화 열 cal/g	비카 시험	초결 (분)	45이상	45이상	45이상	45이상	45이상
			375이하	375이하	375이하	375이하	375이하
수 화 열 cal/g	7일	-	70이상	-	60이상	-	
	28일	-	(80이하)	-	70이하	-	
압축강도 $kgf/cm^2$	1일	-	-	130이상	-	-	
	3일	130이상	110이상	250이상	-	90이상	
	7일	200이상	180이상	280이상	75이상	160이상	
	28일	290이상	285이상	310이상	180이상	210이상	

주) 1. 응결시간 시험시간은 수요자의 요구에 따라 길모여 시험과, 비카시험 중 택일 하여 실시한다. 다만 비카시험방법을 택할 경우에는 초결로써만 규정한다.

2. 중용열시멘트의 28일 수화열은 수요자의 요구가 있을 때에 적용한다.
3. 3일 강도는 1일 강도보다, 7일 강도는 3일 강도보다, 28일 강도는 7일 강도보다 커야한다.
4. 압축강도중 포장시멘트의 28일 강도, 비포장시멘트의 7일, 28일 강도는 수요자가 요구하지 않을 때는 생략 할 수 있다.

#### 다) 레디믹스트 콘크리트

- (1) KS F 4009 레디믹스트 콘크리트 (Ready mixed concrete)는 「4.4.4 콘크리트포장, 콘크리트 배합」에 표시하는 소요의 품질을 얻을 수 있는 것이라야 한다.
- (2) 레디믹스트 콘크리트의 제조공장선정에는 공정과 맞으며 원활히 출하되는 KS 지정공장을 선정하는 것이 좋다. 또 타설현장과 제조공장과의 연락이 긴밀히 될 수 있는 공장이어야 한다. 부득이 KS지정공장을 구할 수 없는 경우에는 사용재료의 품질, 제조 설비, 제조공정의 관리상황 및 콘크리트의 품질을 고려하여 KS 제조공장 이외의 공장을 선정하여도 좋다.  
 주) KS F4009(레디믹스트 콘크리트)의 규정에는 포장용 콘크리트로서 굵은 골재의 최대치수 40mm, 공기량 4%, 호칭강도(휨) 45kgf/cm<sup>2</sup>, 슬럼프 2.5cm, 5.0cm 및 6.5cm의 3종류가 있다.
- (3) 레디믹스트 콘크리트를 사용할 때는 사용재료의 시험결과가 콘크리트의 배합표, 배합결정에 관한 자료를 제조자에게 지시하여 요구되는 품질의 콘크리트가 납입될 수 있는가를 사전에 확인하여야 한다. 또한 콘크리트의 타설이 원활하게 되도록 건설방법, 받는 시기 등에 대해서 제조자와 상의하여야 한다.

#### 라. 석회

안정도이용 석회는 KS 에 적합하고 품질분리가 적은 것이어야 한다. 공업용 석회의 품질규격은 표4.33과 같다. 도로에 쓰이는 안정처리용 석회로서의 소석회는 1급이, 생석회는 특급과 1급이 많이 사용되고 있으며, 연약지반 처리재로서의 최근경향은 생석회의 사용예가 증가하고 있다. 생석회는 물을 가하여 가열하므로 수분 등의 방지, 가연물과의 차단에 주의하여야 한다.

표 4.33 공업용 석회(KS L9501)

종 류	등 급	산화칼슘 CaO(%)	불순분 (%)	이산화탄소 CO <sub>2</sub> (%)	분말도잔분	
					0.6mm	0.15mm
생석회	특급	93.0이상	3.2이하	2.0이상	-	-
	1급	90.0이상	-	-	-	-
	2급	80.0이상	-	-	-	-
소석회	특급	72.5이상	3.0이하	1.5이하	전 통	5.0이하
	1급	70.0이상	-	-	전 통	-
	2급	65.0이상	-	-	전 통	-

주) 여기서 말하는 불순분이란 이산화규소(SiO<sub>2</sub>), 산화알루미늄(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 산화철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 및 산화마그네슘(MgO)의 합계량이다.

**마. 기타 시멘트계, 석회계안정처리재**

아세틸렌가스 제조공장에서 폐재로서 다량으로 생산되는 탄화물(Carbide)재는 성분적으로 시판되는 소석회와 큰 차이가 없다. 그 종류에는 건조재와 습윤재가 있으며 현장상황에 따라 선택하면 된다. 그러나 풍화하여 탄산칼슘화 한 것은 사용하지 말아야 한다. 성분분석 입도분포의 일례는 표 4.34와 같다.

표 4.34. 탄화물재의 성분분석, 입도분포표

단위(%)

항목	분석결과	항목	분석결과	
강열감량	22.0 ~ 24.0	휘발분	3 ~ 2	
이산화규소	1.0 ~ 2.0	겉비중	0.5 ~ 0.9	
산화제이철	0.2 ~ 2.0	입 도 분 포	250 $\mu$ m이상	1.0 ~ 6.0
산화알루미늄	0.5 ~ 1.5		177 "	2.0 ~ 8.0
수산화칼슘	92.0 ~ 96.0		149 "	0.7 ~ 3.0
수산화마그네슘	0.2 ~ 0.7		105 "	6.0 ~ 15.0
전유황	0.2 ~ 0.5		74 "	11 ~ 16
탄산칼슘	0.07 ~ 0.4		74 $\mu$ m이하	60 ~ 78

시멘트 또는 석회를 주재로 여러 종류의 안정처리재가 있으며, 시멘트 또는 석회에 산화철, 알루미늄, 마그네슘, 규소 등의 미량화합물을 첨가제로 가하여 흙 중의 광



물성분과 시멘트 또는 석회와의 사이에 발생하는 포졸란(Pozzolan)반응을 촉진하여 보다 많은 안정처리효과를 얻는 것으로서 그 적용성을 인정받고 있다.

설계에서는 점토광물조성을 참고하여 역학시험, 시공법, 실적 등을 검토 후에 비교설계를 하여 최적안정제를 선정한다.

석회안정처리사의 유효성은 흙의 입도차보다도 함유점토광물에 영향을 받으므로 흙의 광물조성뿐 아니라 처리토의 생성광물에 대해서도 조사를 하면 앞으로의 이용가치가 많아진다.

## 바. 굵은 골재

### 1) 일반사항

굵은 골재는 깨끗하고, 강하고, 내구적이고, 적당한 입도를 가지며, 얇은 석편, 가늘고 긴 석편, 유기불순물 등의 유해한 물질을 규정량이상 함유해서는 안된다.

굵은 골재로는 천연자갈(강자갈, 산자갈, 바다자갈), 부순돌(쇄석)등이 사용되고 있다. 입도, 내구성 등에 있어서는 천연자갈인 강자갈이 가장 적당하나 양질의 강자갈을 구하기가 곤란하므로 부순돌의 사용이 많아지고 있다. 부순돌에는 KS F2527(콘크리트용 부순돌), KS F2525(도로용 부순돌) 등의 규정에 적합한 것이어야 한다.

### 2) 부순돌

#### 가) 재질

부순돌의 재질은 표4.35를 표준으로 한다.

표 4.35 농로용 부순돌의 재질규격

항목 \ 용도	표층, 중간층	기층	콘크리트용
절대건조비중	2.45이상	2.45이상	2.5이상
흡수율(%)	3.0이하	3.5이하	3.0이하
마모감량(%)	35.0이상	40.0이하	40.0이하
안정성(%)	12또는 18이하	(보조기층50이하) 12또는 18이하	(천연자갈 : 50이하) 12또는 18

주) 표층, 중간층용 마모감량시험에 사용되는 시료의 입경은 협의하여 결정한다. 화강암이나 세일 등의 부순돌은 가열로 마모감량이 특히 커지거나 파괴되는 것은 표층에 사용해서는 안된다.

#### 나) 입도

부순돌의 입도는 표 4.36 및 4.37을 표준으로 한다. 호칭명별 입도의 규정에 적합

하지 않은 부순돌이라도 다른 부순돌, 모래, 석분 등을 합성했을 때의 입도가 소요혼합물의 골재입도에 적합하면 사용할 수가 있다.

표 4.36. 콘크리트용 부순돌(KS F 2527)

체의호칭 치수(mm)	체를 통과하는 것의 무게 백분율(%)										
	100	80	60	50	40	25	20	15	10	5	2.5
부순돌357	-	-	100	95~100	-	35~70	-	10~30	-	0~5	-
부순돌67	-	-	-	100	95~100	-	35~70	-	10~30	0~5	-
부순돌57	-	-	-	-	100	95~100	-	30~70	-	0~10	0~5
부순돌67	-	-	-	-	-	100	90~100	-	20~55	0~10	0~5
부순돌7	-	-	-	-	-	-	100	90~100	40~70	0~15	0~15
부순돌1	100	90~100	45~70	-	0~15	-	0~5	-	-	-	-
부순돌2	-	100	90~100	35~70	0~15	-	0~5	-	-	-	-
부순돌3	-	-	100	95~100	35~70	0~15	-	0~5	-	-	-
부순돌4	-	-	-	100	95~100	20~55	0~5	-	0~5	-	-

주) 여기에서의 체는 각각 KS A 5101(표준체)에 규정한 표준망체 106mm, 75mm, 63mm, 53mm, 37.5mm, 26.5mm, 19mm, 16mm, 9.5mm, 4.75mm 및 2.36mm로 한다.

표 4.37 도로용 부순돌(KS F 2525)

골재 번호	체 골재 의 호칭 치수(mm)	각 체를 통과하는 것의 중량백분율														
		100 mm	90 mm	80 mm	65 mm	50 mm	40 mm	25 mm	19 mm	13 mm	10 mm	No.4	No.8	No.16	No.50	No.100
1	90~40	100	90~100	-	25~60	-	0~15	-	0~5	-	-	-	-	-	-	-
2	65~40	-	-	100	90~100	35~70	0~15	-	0~5	-	-	-	-	-	-	-
3	50~25	-	-	-	100	90~100	35~70	0~15	-	0~5	-	-	-	-	-	-
5	25~13	-	-	-	-	-	100	90~100	20~55	0~10	0~5	-	-	-	-	-
56	25~10	-	-	-	-	-	100	95~100	40~75	15~35	0~15	0~5	-	-	-	-
6	19~10	-	-	-	-	-	-	100	90~100	20~55	0~15	0~5	-	-	-	-
67	19~No.4	-	-	-	-	-	-	100	90~100	-	20~55	0~10	0~5	-	-	-
7	13~No.4	-	-	-	-	-	-	-	100	90~100	40~70	0~15	0~5	-	-	-
78	13~No.8	-	-	-	-	-	-	-	100	90~100	40~75	5~25	0~10	0~5	-	-
8	10~No.8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	10~30	0~10	0~5	-	-
89	10~No.16	-	-	-	-	-	-	-	-	110	90~100	20~55	5~30	0~10	0~5	-
9	No.4~No.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85~100	10~40	0~10	0~5	-
10	No.40*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85~100	-	-	-	10~30

\* 부순돌 찌꺼기(Screenings)

주) 이들 체는 KS A 5101(표준체)에 규정된 표준망체에 상응하는 것이다.

부순돌은 같은 종류의 암석이라도 그 채취원에 따라서 또는 사용하는 쇄석기(Crusher)의 종류에 따라 편평하게 되는 경우가 있으므로 주의해야 한다.

다) 유해물 함유량의 한도

부순돌의 유해물 함유량의 한도는 표 4.38에 따른다. 세장하고 편평한 석편이란 최대입경과 최소입경과의 비가 5보다 큰 석편이며, 5mm이하의 골재에는 적용하지 않는다. 비중 2.0의 액체에 뜨는 것의 한도는 고로슬래그에서 만든 부순돌에는 적용하지 않는다.

표 4.38. 부순돌의 유해물 함유량의 한도(중량백분율%)

종류	시험법	도로용부순돌	콘크리트용부순돌
점토덩어리	KS F 2512	0.25 이하	0.25이하
연한 석편	KS F 2516	5.0이하	5.0이하
골재씻기시험에서 없어지는 것(No.200체통과량)	KS F 2511	-	1.0*이하
석탄, 갈탄 등으로 비중 2.0의 액체에 뜨는 것	KS F 2513	-	0.5이하
세장 또는 편평한 석편	-	10이하	-

주) \* : 부순돌의 경우에 씻기시험에서 없어지는 것이 돌가루인 경우에는 최대치를 1.5%로 해도 좋다. 다만, 고로슬래그 굵은 골재의 경우에는 최대치를 5.0%로 해도 좋다.

### 3) 호박돌 부순돌

호박돌(옥석) 부순돌의 품질은 부순돌의 규정을 준용한다. 그러나 입도조정공법에는 No.4체에 남는 것 중 중량으로 60%이상 이 적어도 2개의 부순 면이 있어야 한다. 호박돌부순돌의 원료가 되는 호박돌이나 자갈은 여러 종류의 암석으로 이루어져 이용이 불가능한 부순돌 등이 혼합되는 일이 있으므로 충분히 조사하여 사용하여야 한다.

### 4) 자갈

자갈( 강자갈, 산자갈, 바다자갈)의 품질은 부순돌의 규정을 준용한다. 자갈은 재질이나 입도가 변동하기 쉬우므로 충분히 조사한 후 사용하여야 한다. 바다자갈에 포함되어 있는 염분은 콘크리트용으로 사용하는 경우가 아니면 일반적으로 지장이 없다.

### 5) 슬래그

철강슬래그(Slag)의 입도는 표 4.39를 기준으로 하고, 수침으로 황탁수 및 유화수소 냄새를 발생하지 않는 것으로 한다. 콘크리트용으로는 KS F 2544 콘크리트용 고로슬래그 굵은 골재의 규정에 적합하고, 콘크리트시험을 하여 소요품질의 콘크리트가 얻어지는 것을 확인한 후에 사용하여야 한다.

표 4.39 도로용 슬래그의 입도표준(KS F 2535)

체의호칭치수(mm) 입자 지름의 범위(mm) 기호		체를 통과한 것의 중량백분율 %									
		50	40	30	25	19	13	No.4	No.8	No.40	No.200
CS-40	40~0	100	95~100	-	-	50~80	-	15~40	5~25	-	-
MS-40	40~0	100	95~100	-	-	60~90	-	30~65	20~50	10~30	2~10
MS-25	25~0	-	-	100	95~100	-	55~85	30~65	20~50	10~30	2~10
HMS-25	25~0	-	-	100	95~100	-	60~80	35~60	25~45	10~25	3~10

- 주) 1. 이들의 체는 KS A 5101(표준체)에 규정하는 표준망체 50.8mm, 37.5mm, 31.5mm, 26.5mm, 19mm, 13.2mm, 4,750 $\mu$ m, 2,360 $\mu$ m, 425 $\mu$ m 및 75 $\mu$ 에 대응하는 것이다.
2. 수경성 입도조정슬래그(MS) 및 압축강도슬래그의 단위중량은 1,500kgf/m<sup>3</sup> 이상이라야 한다.
3. 수경성 입도조정슬래그의 일축압축강도는 12kgf/cm<sup>2</sup>(1.18MPa) 이상이라야 한다.
4. CS는 절입쇄석(Crusher run)철강슬래그이다.

콘크리트용 고로슬래그 굵은 골재의 품질규정은 표 4.40과 같다.

표 4.40 콘크리트용 고로슬래그 굵은 골재의 품질(KS F 2544)

항목		규정치
화 학 성 분	산화칼슘 (CaO)	45.0% 이하
	유황 (S)	2.0% 이하
	삼산화황 (SO <sub>3</sub> )	0.5% 이하
	산화철 (FeO)	3.0% 이하
수중침적시험		발광, 분해, 이상화, 분화 등의 현상이 없을 것
외경 (360.0mm) 열적시험		발광하지 않든가 또는 균일한 자색을 띠고 있을 것

6) 특수재료

산호, 석회석 등의 현지산 재료 사용실적 등을 충분히 조사해서 안전성을 확인하

고 사용한다. 더욱이 이들 재료는 단체 사용하는 외에 입도조정, 안정처리 등을 함으로써 더욱 좋은 물리적 성질 등을 나타내는 일이 있으므로 사용에 있어서는 충분한 시험이 요망된다. 그러나 이들 재료는 화학적 특성을 갖는 경우가 많으므로 유출수의 pH에 따른 환경영향과 내수성을 높이기 위한 연구, 등가 환산계수와의 채용 등에 대해서는 충분한 검사를 해야 한다.

## 사. 잔골재

### 1) 일반사항

잔골재는 깨끗하고, 강하고, 내구적이고, 적당한 입도를 가지며 점도, 먼지, 나무부스러기 등의 유해물을 포함해서는 안된다. 잔골재에는 강모래, 산모래, 바다모래 등의 천연잔골재와 바순모래 및 고로슬래그 잔골재 등의 인공모래가 있다. 입도, 내구성 등에서는 강모래가 가장 적당하되 양질의 강모래 입수가 곤란한 지역에서는 산모래 또는 바다모래도 비교적 많이 사용된다. 도로용 바순모래는 암석, 호박돌을 파쇄해서 만든 것으로 입경 2.5mm 이하의 것을 바순돌 더스트(Screenings)라 한다.

### 2) 바순 모래

#### 가) 입도

입도는 표 4.41을 표준으로 한다.

표 4.41 바순모래의 입도표준 (KS F 2558)

체의 호칭치수(mm)	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
체를 통과한 것의 중량백분율(%)	100	90~100	80~100	50~90	25~65	10~35	2~15

주) 여기에서의 체는 각각 KS A 5101(표준체)에 규정한 표준망체 9.5mm, 4.75mm, 2.36mm, 1.18mm, 600 $\mu$ m, 300 $\mu$ m 및 150 $\mu$ m으로 한다.

#### 나) 소성지수(PI)

아스팔트포장용 바순모래는 0.4mm체 통과분의 소성지수가 NP(Non-Plastic), 비소성의 흙으로 액성한계(LL)나 소성한계(PL)를 구할 수 없는 것이라야 한다.

#### 다) 유해물 함유량의 한도

콘크리트용 바순모래의 유해물 함유량의 한도는 표 4.42의 값으로 한다.

표 4.42 콘크리트용 잔골재의 유해물 함유량의 한도(중량백분율)

종 류	최대치	시험법
점토 덩어리	1.0	KS F 2512
골재 씻기 시험에서 없어지는 것(No.200체 통과량)	3.0	KS F 2511
석탄, 갈탄 등으로 비중2.0의 액체에 뜨는 것	0.5	KS F 2513
해사중의 염화물(NaCl, 환산)	0.1	KS F 2515

주) 바순모래 및 고로슬래그 잔골재의 경우 No200체를 통과하는 재료가 점토나 조개 껍질이 아닌 돌가루인 경우에는 그 최대치를 각각 5%와 7%로 하여도 좋다.

아스팔트포장용 바순모래의 유해물 함유량의 한도중에서 세립분의 한도에 대해서는 PI로 규제한다. 또 내구성에 대해서는 특히 규정하지 않으나 충분히 내구적인 바순모래를 사용해야 한다. 콘크리트용 바순모래의 내구성은 유산나트륨에 의한 안정성 시험을 한 경우 조작을 5회 반복 했을 때 잔골재의 손실중량한도는 일반적으로 10%로 한다. 또한 내구성의 한도를 초과한 잔골재를 사용한 콘크리트가 충분히 만족한 내구성을 나타낸 실례가 있을 경우에는 이를 사용해도 된다.

### 3) 천연 모래

이 규정은 아스팔트 포장의 표층 및 콘크리트슬래브에 쓰이는 천연모래에 적용하며 보조기층에 사영하는 천연모래에는 적용하지 않는다.

#### 가) 입도

천연모래의 입도는 표 4.41에 준한다.

#### 나) 유해물함유량

유해물 함유량의 한도는 표 4.42와 같으며 천연모래를 콘크리트에 사용할 경우의 유기물은 KS F 2510에 따라 시험한다. 이 경우 모래 상부에서 용액의 색은 표준색보다 옅어야 한다. 모래상부에서 용액의 색이 표준색보다 짙은 경우라도 그 모래로 제작한 모르타공시체의 압축강도가 수산화나트륨 3% 용액으로 씻고, 다시 물로 충분히 씻어서 사용한 모르타공시체의 압축강도 95%이상이면 사용해도 된다. 천연모래는 먼지, 흙, 유기물 및 염분 등을 포함하는 경우가 많고, 채취장소에 따라 입도가 변화하기 쉬우므로 충분히 조사하여 사용하여야 한다. 아스팔트포장의 표층에 사용할 경우에는 바순모래에 준한다.

### 4) 슬래그

이 규칙은 콘크리트슬래브에 쓰이는 고로슬래그 잔골재에 대해서 적용되며 입도

는 표 4.43을 표준으로 하고 화학성분 및 재질은 표 4.44의 규정에 적합해야 한다.

표 4.43 콘크리트용 고로슬래그 잔골재의 입도표준(KS F 2559)

체이호칭 치수(mm) 종류	슬래그 잔골재 입도표준의 범위 (체를 통과한 것의 중량 백분율%)						
	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
5mm슬래그 잔골재	100	90 ~ 100	80 ~ 100	50 ~ 90	25 ~ 65	10 ~ 35	2 ~ 15
2.5mm슬래그 잔골재	100	95 ~ 100	80 ~ 100	60 ~ 95	30 ~ 70	10 ~ 45	2 ~ 20
1.2mm슬래그 잔골재	-	100	95 ~ 100	80 ~ 100	35 ~ 80	15 ~ 50	2 ~ 20
5 ~ 0.3mm슬래그잔재	100	95 ~ 100	65 ~ 100	10 ~ 70	0 ~ 40	0 ~ 15	0 ~ 10

주) 체는 KS F 5101(골재체)에 AA하는 표준망체 9.5mm, 4750 $\mu$ m, 2360 $\mu$ m, 1180 $\mu$ m, 600 $\mu$ m, 300 $\mu$ m 및 150 $\mu$ m이다.

표 4.44 콘크리트용 고로슬래그 잔골재의 화학성분 및 재질규격 (KS F 2559)

항목		규정값
화학성분(%)	산화칼슘	45.0이하
	총황(S로서)	2.0 이하
	삼산화황	0.5 이하
	총철(FeO로서)	3.0 이하
재 질	절대건조비중	2.5이상
	흡수율(%)	3.5이하
	단위중량(Kgf/l)	1.45이상

#### 아. 채움재(Filler)

역청포장용 아스팔트 혼합물에 쓰이는 성분은 석회암 분말, 화성암분말, 소성회 등으로 먼지, 유기물, 덩어리진 미립자등의 해로운 물질이 함유되어 있지 않은 것 이어야 한다. 석분의 품질은 표 4.45의 규격에 적합한 것이어야 하며, 입도는 표 4.46을 표준으로 한다.



표 4.45 석분의 품질(석회암)

구 분	기 준	시험방법
비 중	2.6이상	KS F 3501
수 분(%)	1.0이하	KS F 3501

표 4.46 석분의 입도(석회암)

체의 치수	체통과중량 백분율(%)
NO. 30	100
NO. 100	90 ~ 100
NO. 200	70 ~ 100

표 4.47 화성암류의 석분규정

항 목	규 정	항 목	규 정
0.075mm통과분의 소성지수(PI) 가열변수 흐름시험	6이하 없음 50%이하	침수팽창 박리시험	3%이하 합 격

- 주) 1. 가열변수는 200℃로 가열해서 관찰한다.  
 2. 흐름시험은 석분에 물을 가해서 페이스트상 으로 하여 시멘트 모르타용 플로우 테이블(Flow-Table)에서 15회 낙하하여 200mm를 나타낼 때의 석분에 대한 물의 중량비

**자. 물**

콘크리트의 비빔에 쓰이는 물은 기름, 산, 염류, 유기물 등 콘크리트의 품질에 영향을 끼치는 유해량을 함유해서는 안된다. 또한 일반적으로 구할 수 있는 담수는 콘크리트용 혼합수로 사용할 수 있다. 바닷물은 비빔물로서 사용해서는 안되고, 공장폐수나 도시하수 등이 혼합된 물은 깨끗한 물을 사용했을 때의 콘크리트강도와 응결시간을 비교하여 사용여부를 결정해야 한다.

**차. 첨가, 혼화제**

1) 일반사항

첨가제 또는 혼화제는 효과를 사용한 후 확인해야 한다. 또한 아스팔트용 첨가제는 아스팔트막 박리방지제가 주이고 콘크리트용 혼화제는 AE제, 감수제, 경화촉진

제 등이 있다. 아스팔트용 첨가제는 공장에서 첨가되며 특수 아스팔트로서 취급되는 일이 많다.

## 2) 아스팔트용 첨가제

골재표면의 화학조성에 따라 아스팔트와의 접착력 및 박리저항에 차가 있고 친수성의 암석, 산성암, 심성암은 아스팔트막이 박리되기 쉽다. 그러므로 이 같은 암석의 부순돌을 사용할 경우에는 박리시험을 하여 박리가 클 경우에는 다른 골재를 선정하거나 아스팔트막 박리방지제를 첨가할 것을 검토해야 한다.

## 3) 콘크리트용 혼화제

### 가) AE제, 감수제 및 AE감수제

AE제, 감수제 및 AE감수제는 각각 KS F 2560(콘크리트용 화학혼화제)의 규정에 적합하여야 한다. AE제, 감수제 및 AE감수제는 KS의 규정에 적합함과 동시에 공사에 사용해서 양호한 실적이 있는 것이 좋다. 감수제 및 AE감수제는 표준형, 지연형 및 촉진형이 있다.

### 나) 경화촉진형

염화칼슘을 콘크리트의 경화촉진형으로 사용할경우의 사용량은 일반적으로 시멘트 중량의 1%정도가 좋으며 2%이상을 사용하는 것은 피해야 한다. 염화칼슘은 일반적으로 공업용이 사용되며 순도가 높은 것을 사용해야 한다. 또한 감수제는 경화촉진제를 첨가 한 것도 있다.

## 4) 시멘트안정처리용 안정제

시멘트안정처리용 안정제는 시멘트안정처리의 경화수축성, 내동결융해성, 포성 등을 개선하기 위하여 첨가하는 것이고, 유기질의 안정제는 수지산업 또는 이들의 유도체등을 주성분으로 하는 것 또는 아스팔트유제를 주성분으로 하는 것 등이 있다. 또 무기질의 안정제로서는 플라이 애쉬, 팽창시멘트 등이 있으며 상승효과를 얻기 위하여 이들을 병용하는 경우도 있다. 이들 안정제를 사용하려면 현지재료와의 접합성, 첨가량, 첨가효과 등을 사전에 조사 확인해야 한다.

## 카. 강재

다우엘바, 타이바, 기타봉강은 KS D 3504(철근콘크리트용 봉강),KS D 3527(콘크리트용 재생봉강)의 규격에 적합한 것을 사용한다. 이 이외의 제품에 대한 시험은 한국공업규격제품에 상당하다고 판정되는 것이어야 한다. 그리고 체어 등 콘크리트 슬래브의 구조보강을 목적으로 서용하는 것이 아닌 강제는 이 범위에 들지 않는다.

## 다. 줄눈구조보강

### 1) 줄눈판

줄눈판은 콘크리트 슬래브의 신축에 순응하고 콘크리트 타설시에 변형하지 않는 것을 사용해야 한다. 또 줄눈판의 재질에는 목재계, 고무스폰지 수지발포체계 역청질 유질계 및 역청질계 등이 쓰이고 있다. 줄눈판의 시험방법은 KS F 2471의 규정에 적합하여야 한다.

표 4.48 줄눈판의 품질시험결과의 예

줄눈판의 종류 시험종류	목재계 (삼나무과)	고무스폰지 수지발포체계	역청질유질계	역청질계
압축응력(kgf/cm <sup>2</sup> )	64 ~ 310(28 ~ 130)	1.1 ~ 5.1	20 ~ 102	9 ~ 58
복원율(%)	58 ~ 74(71 ~ 100)	93 ~ 100	65 ~ 72	50 ~ 64
압축량(mm)	1.4 ~ 5.6(2.1 ~ 4.4)	1.5 ~ 4.6	1.0 ~ 3.7	50 ~ 61
휨강성(kgf)	14 ~ 41(11 ~ 22)	0 ~ 4.8	0.2 ~ 3.2	0.2 ~ 4.9

주)시험편의 두께 20mm, 실온 22℃

### 2) 주입줄눈재

주입줄눈재는 콘크리트 슬래브의 신축에 대응하고 콘크리트와 잘 부착하며 방수이고 온도변화에 대하여 안정하며, 흠의 침입을 막고 또한 내구적인 것이어야 한다. 주입줄눈은 가열주입줄눈재 상온주입줄눈재 및 특수성형줄눈제품 등이 있으나 가열식이 적당하며 표 4.49의 규격을 검토하여 적당하다고 인정되는 것을 사용해야 한다.

표 4.49 주입줄눈재의 규격

시험항목	주입재규격		상온시공식
	저탄성형	고탄성형	
불정착시간			3시간이내
침입도(원추침)	6mm이내	9mm이내	-
탄성(구침)		초기관입량 0.5 ~ 1.5mm 복원율 60%이내	관입량 0.05 ~ 0.2cm 복원율 75%이내
흐름	5mm이내	3mm이내	0mm, 또 균열 및 이완이 생겨서는 안된다.
인장량	3mm이내	10mm이내	115mm이내

- 주) 1. 주입준준재를 선정할 때는 규정된 시험방법에 따라 시험하여 그 시험성과를 검토해야 한다.
2. 고탄성형인 것은 고가이지만 상온시에는 고무상탄성을 가지며 저온시에는 인장량이 크다.

### 파. 분리막

분리막은 KS M 3509, KS M 7501에 적합한 것으로서 취급이 용이하고, 급수가 안되며 콘크리트를 칠 때와 다질 때에 찢어지지 않는 것이라야 한다. 일반적으로 사용하고 있는 분리막에는 표 4.50과 같은 것이 있다.

표 4.50 분리막의 종류

품 명	KS 규 격	비 고
포장용 폴리에틸렌 필름	KS M 3509	호칭두께 0.1mm이내의 것
크라프트	KS M 7501	-

### 하. 양생재

양생재는 콘크리트를 저온, 건조, 급격한 온도변화 등에 의한 유해한 영향에서 보호할 수 있는 것이어야 한다. 양생은 초기양생과 후기양생으로 크게 구분한다. 초기양생에는 스폰지 매트, 액상피막 양생재, 비닐피막양생재 등이 사용되고 후기양생에는 양생용 매트, 마대, 모래, 가마니 등이 사용되고 있다. 어느 경우에도 습윤 상태로 양생하는 것이 원칙이나 피막양생은 물을 주어 양생하기가 곤란한 장소에 사용하면 어느 정도 유효하나 이것만을 전적으로 의존하는 것은 위험하고 직사광선과 바람 등의 영향을 받아 토기균열이 발생하는 수가 있으므로 다른 양생재와 병용하는 것이 좋다. 또 피막 양생재는 KS F 2540의 규격에 적합한 것이어야 한다.

## 4.4.3 아스팔트포장

아스팔트포장은 노상의 지지력과 계획교통량을 기본으로 설계함과 동시에 표층에서 보조기층까지의 각층이 역학적으로 균형이 이루어지도록 구성되어야 한다.

### 가. 포장단면의 설계

아스팔트포장은 표 4.37과 같이 보조기층, 기층, 중간층 및 표층의 순서로 구성되고, 차도에 접속해서 길어깨를 설치한다. 또 노상의 흙이 보조기층에 침입하는 것을 방지하기 위하여 차단층을 노상의 일부로 설치하는 수도 있다. 또 미끄럼이나 마모를 방지하기 위하여 표층위에 마모층을 설치하는 수도 있다.

1) 포장두께의 설계

포장두께는 교통량의 구분과 설계CBR에 의하여 결정되며 일반적으로 표4.42에 나타내는 값을 목표로 한다. 다만 교통량의 구분에서 표 4.53의 등치환산두께(TA)보다 적지 않고 또한 합계두께(H)의 80%이상이 되도록 포장 각층의 두께를 결정한다.

표 4.51 T<sub>A</sub>와 포장합계두께의 목표치

설계 CBR	,목 표 로 하 는 값(cm)														
	L 교 통							A 교 통	B 교 통	C 교 통	D 교 통				
	O	I		II-1		II-2		III		IV		-		-	
	합계 두께 (H)	T <sub>A</sub>	합계 두께 (H)	T <sub>A</sub>	합계 두께 (H)	T <sub>A</sub>	합계 두께 (H)	T <sub>A</sub>	합계 두께 (H)	T <sub>A</sub>	합계 두께 (H)	T <sub>A</sub>	합계 두께 (H)	T <sub>A</sub>	합계 두께 (H)
2	29	10	39	14	47	17	52	21	61	29	74	39	90	51	105
3	23	9	30	13	37	15	41	19	48	26	58	35	70	45	83
4	19	9	25	12	31	14	35	18	41	24	49	32	59	41	70
6	15	8	20	10	24	12	27	16	32	21	38	28	47	37	55
8	"	-	"	9	21	11	23	14	27	19	32	26	39	34	46
12	"	-	"	"	"	"	"	13	21	17	26	23	31	30	36
암반부 (20이상)	9	5	10	7	12	9	13	11	16	15	19	20	23	26	27

- 주) 1. 여기서 말하는 T<sub>A</sub>는 포장을 표층용 가열아스팔트 혼합물로 할 때에 필요한 두께이다.  
 2. 설계 CBR이 4란 4이상 6미만을 말한다.  
 3. 노상이 깊이 방향으로 다른 경우에 설계CBR이 3미만이라도 최상층의 설계 CBR이 3이상이고 두께가 30cm이상이면 차단층을 설치할 필요는 없다.  
 4. 암반부에 대해서는 설계 CBR을 20으로 했을 때의 목표치를 수록한 것이고 3.2.(5)노상이 암반인 경우에 따른다. 또 O교통의 경우에는 포장의 필요성에 대해서 충분히 검토해야 한다.  
 5. 교통 A, B, C, D, L에 대한 내용은 표 3.1 교통량의 구분을 참조한다.

2) 포장의 구성

포장의 구성은 TA'와 H'를 계산하여 표 4.52의 규정을 만족시키고 역학적인 균형, 시공성 및 경제성을 검토하여 결정한다.

또 TA'와 H'의 계산은 다음 식으로 구한다.

$$T_A' = a_1 \cdot T_1 + a_2 \cdot T_2 + \dots + a_n \cdot T_n \dots \dots \dots (1)$$

$$H' = T_1 + T_2 + \dots + T_n \dots \dots \dots (2)$$

여기서,  $a_1, a_2 \dots \dots \dots a_n$  : 표 4.53의 등치환산계수  
 $T_1, T_2 \dots \dots \dots T_n$  : 구성각층의 두께(cm)

표 4.52 표층+ 중간층의 최소두께

교통량의 구분		표층+ 중간층의 최소두께(cm)
L	O	3
	I	4(3)
	II-1, II-2	5
A	III	5
B	IV	10(5)
C		15(10)
D		20(15)

주) ( )내는 기층에 역청안정처리를 사용할 경우의 최소두께이다.

표 4.53  $T_A$  계산에 사용하는 등치환산계수

사용하는 위치	공법·재료	조 건	등치환산계수(a)
기층, 중간층	표층, 중간층용 가열아스팔트 혼합물		1.00
기층	역청안정처리	가열혼합:안정도 350kgf이상	0.80
		상온혼합:안정도 250 ~ 350kgf이상	0.55
	시멘트 안정처리	일축압축강도(7일)30kgf/cm <sup>2</sup>	0.55
	석탄안정처리	일축압축강도(10일)10kgf/cm <sup>2</sup>	0.45
	입도조정	수정CBR 80이상	0.35
	침투식		0.55
	머캐덤		0.35
보조기층	막부순돌, 고층슬래그,자갈, 모래 등	수정CBR 30이상	0.25
		수정CBR 20이상 30미만	0.20
	시멘트 안정처리	일축압축강도(7일)10kgf/cm <sup>2</sup>	0.25
	석회안정처리	일축압축강도(10일)7kgf/cm <sup>2</sup>	0.25

주) 1. 표 4.53의 등치환산계수는 각공법 재료의 1cm 두께가 표층, 중간층용 가열아스

팔트혼합물 및 cm에 상당하는가를 나타내는 값이다. 따라서 표4.10의  $a_n \cdot T_{nm}$ 의 n번째 층을 표층, 중간층용 가열 아스팔트 혼합물로 환산한 두께로 한다. 가령 입도조정 1cm의 두께는 표층, 중간층용 가열아스팔트 혼합물 0.35cm에 상당하고, 20cm두께의 입도조정은  $0.35 \times 20 = 7.0\text{cm}$ 의 표층, 중간층용 가열아스팔트 혼합물의 7.0cm 두께에 해당한다.

2. 기층에 사용하는 시멘트 안정처리층의 최소두께는 L(Ⅱ-1,Ⅱ-2), A, B교통에서는 15cm, C, D교통에서는 20cm가 좋다. 또한 L, A, B교통에서는 경험상 표31의 일축 압축강도 및 등치환산계수를 내려서 쓰는 일이 있다.
3. ○ 교통에서 표층의 두께는 각 공법, 재료마다 다음 값을 표준으로 한다.
 

○ 입도조정 막부순돌	5 ~ 15cm
○ 상온혼합식 아스팔트 안정처리	7 ~ 12cm
○ 가열혼합식 아스팔트 안정처리	5 ~ 6cm
○ 시멘트 안정처리	12 ~ 20cm
○ 석회안정처리	10 ~ 20cm
4. 표4.53에 표시한 공법 재료 이외의 것의 등치환산계수는 충분한 경험에 의하여 얻어지는 것이어야 한다.
5. 시가지등의 포장을 할 경우 합계두께를 확보하는 것이 곤란하며 노상의 설계 CBR이 5이상인 경우에는 목표로 하는  $T_A$ 는 모두 가열아스팔트 혼합물로 하는 것으로 한다.
6. 기층두께와 보조기층두께의 비율은 구성하는 재료 등으로 비교검토 후에 결정한다. 또 비율의 범위는 일반적으로 1:2 ~ 2:1 정도로 한다. 단, 보조기층의 최소두께는 시공성을 등을 고려하여 10cm로 한다.

### 3) 보조기층

재료는 가능한 한 현지에서 쉽게 구할 수 있는 것이 좋으며 채래의 자갈도가 있으면 품질에 따라 보조기층 또는 기층으로 그대로 사용하는 것이 좋다. 보조기층재료의 품질은 표 4.54와 같다.

표 4.54 보조기층 재료의 품질

항 목	O,I 교통	I-1, II-2, III, IV 교통	C,D 교통
수정 CBR	10이상	20이상	30이상
NO.40 통과분의 PI 또는 0.075mm체통과량이 10%이하	9이하	6이하	6이하
바람직한 최대입경	50mm이하	50mm이하	50mm이하

주) 고로슬래그에는 PI의 규정을 적용하지 않는다.

표 4.54의 규정을 만족하는 현지재료를 구할 수 없는 경우에는 시멘트, 석회 등으로 안정처리를 해서 보조기층으로 이용하는 수가 있다. 이 경우 표 4.55에 표시한 값을 만족하여야 한다.

표 4.55 보조기층에 사용하는 안정처리재료의 품질

공법	수정CBR	PI(0.4mm체통과분)	비고
안정처리	10 이상	9 이하	일축압축강도(7일) 10kgf/cm <sup>2</sup>
석회안정처리	10 이상	6 ~ 18	일축압축강도(10일) 7kgf/cm <sup>2</sup>

- 주) 1. 수정 CBR이 30이하인 재료를 사용할 경우에는 다짐에 유의해야 한다. 모래 등의 다짐을 충분히 하기 위해서는 그 위에 보조기층의 일부로 부순돌을 부설하고 동시에 다지는 것도 한 방법이다. 과쇄한 자갈이나 부순돌은 보조기층의 일부로서 설 계시 고려해 두어야 한다.
2. 입경이 큰 보조기층재료는 시공관리가 어려우므로 최대입경은 50mm로 하는 것이 좋으며 부득이한 경우에는 1층 마무리 두께의 1/2 이하로 100mm까지 허용해도 좋다.
3. 보조기층재료의 수정CBR을 구할 경우에 사용하는 다짐도는 KS F에 규정하는 시험 방법에 의한 최대건조밀도의 95%로 한다.

가) 시멘트 안정처리공법

시멘트 안정처리공법은 현지재료 또는 이것에 약간의 보충재료를 첨가해서 처리하는 공법이다. 이 공법은 현지재료의 강도를 증가시킴과 동시에 PI(소성지수)를 개량해서 보조기층재료로서의 품질을 만족시키는 것이다. 또 보조기층의 불투수성이 증가하고 건조, 습윤, 동결 등의 기상작용에 대해서 내구성을 좋게 하는 특징이 있다. 대



상으로 하는 재료의 PI는 시공성, 내구성 등을 고려하여 9이하 이어야 한다.

주) 소일시멘트는 시멘트 안정처리의 일종이다.

(1) 재료

(가) 시멘트

시멘트는 포틀랜드 시멘트, 고로 시멘트, 실리카 시멘트 및 플라이애쉬 시멘트를 사용한다.

(나) 골재

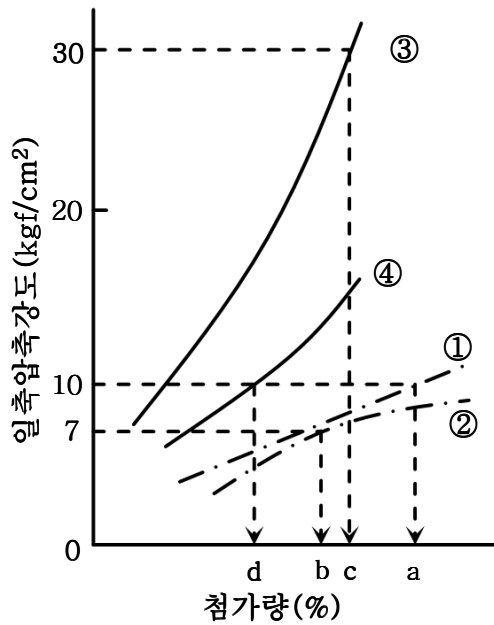
입도범위는 특별히 규정하지 않지만 혼합이나 다짐 등 시공의 난이를 고려할 경우 어느 정도 굵은 골재를 함유한 연속된 입도가 바람직하다.

주) 입도가 대단히 불량한 경우나 소성이 큰 점토질과 같은 경우는 소요강도를 구하기 위하여 필요한 시멘트량이 커지고, 비경제적일 수도 있으므로 이와 같은 경우에는 다른 공법을 검토함이 좋다.

(2) 배합설계

배합설계는 다음 순서에 따라 행한다.

- ① 골재에 적당하다고 예상되는 시멘트량(보통 3~5%정도)을 가한 것의 최적함수비를 구한다.
- ② ①에서 구한 최적함수비로 적당하다고 예상되는 시멘트량에서 2%씩 변화시킨 공시체를 만든다. 6일 양생, 1일 수침후의 일축압축시험을 하여 그림 4.38에 표시한 바와 같은 시멘트첨가량과 일축압축강도의 곡선을 그리고, 일축압축강도 10kgf/cm<sup>2</sup>에 해당하는 시멘트량 a% 구한다.



- A. 보조기층의 일축압축강도
- ① 시멘트 안정처리 10kgf/cm<sup>2</sup>
  - ② 석회안정처리 7kgf/cm<sup>2</sup>
- B. 기층의 일축압축강도
- ③ 시멘트안정처리 30kgf/cm<sup>2</sup>  
(단, 0, I교통에서는 25kgf/cm<sup>2</sup>)
  - ④ 석회안정처리 10kgf/cm<sup>2</sup>  
(단, 0 교통에서는 7kgf/cm<sup>2</sup>)

그림 4.38 시멘트 또는 석회의 첨가량에 따른 일축압축강도

주) 그림4는 보조기층의 시멘트 안정처리, 석회안정처리와 기층의 시멘트 안정처리, 석회안정처리의 각각의 첨가량을 구하기 위한 첨가량과 일축압축강도 곡선이다.

#### 나) 석회안정처리공법

석회안정처리공법은 현지재료 또는 여기에 보충재료를 가한 것에 석회를 첨가해서 처리하는 공법으로 재료중의 점토광물이 석회와의 화학반응에 의하여 경화하는 것이다. 다만, 효과는 시멘트 안정처리에 비하여 늦지만 장기적으로 내구성과 안정성이 기대되는 것이다.

#### (1) 재료

##### (가) 석회

석회는 표 4.33의 공업용석회(소석회) 어느 것을 사용해도 된다.

주) 처리하려는 재료의 함수비가 높을 경우에는 생석회를 사용하는 수가 있다.

##### (나) 골재

골재의 입도범위는 특별히 규정하지 않으나 NO.40체 통과분의 PI는 6~18의 범위인 것이 바람직하다.

## (2) 배합설계

- ① 처리하려는 현지재료에 적당한 석회량에서 2%씩 변화시킨 공시체를 만든다.
- ② 각배합의 공시체는 수분의 증발을 방지하기 위하여 표면을 파라핀(Paraffin)으로 충분히 피복한 후 9일간 양생한다.
- ③ 양생한 공시체의 파라핀을 제거하고, 다시 1일간 수침한 후 일축압축강도시험을 한다.
- ④ 시험결과는 그림 4.38과 같이 첨가량과 일축압축강도의 곡선을 그려 일축압축강도  $7\text{kgf/cm}^2$ 에 상당하는 석회량  $b\%$ 를 구한다.

## 4) 기층

기층에는 입도조정공법, 역청안정처리공법, 시멘트안정처리공법 등이 사용된다. 또한 석회안정처리공법은 PI가 큰 현지재료를 활용하려고 하는 경우에 적용하고, 부순돌(Crusher run)공법은 0, I 교통의 경우에 적용한다. 기층은 보조기층의 재료를 소정의 두께로 포설하고 규정된 다짐을 얻을 때까지 충분히 전압하여 고르게 마무리해야 한다.

### 가) 입도조정공법

양호한 입도가 되도록 여러 종류의 재료를 혼합합성하고 포설하여 다지는 공법을 입도조정공법이라 한다. 입도조정을 한 재료는 입도가 양호하기 때문에 부설 및 다짐이 쉽고 기계화시공에 적합하다. 재료에는 입도조정부순돌, 부순돌, 막괘부순돌, 슬래그, 산모래, 모래 및 부순돌더스트(Screening)등을 사용하여 적당한 비율로 혼합하고 표 4.36의 입도조정부순돌의 입도범위의 것으로 한다. 입도조정한 재료의 수정CBR은 80(0, I 교통에서는 60)이상으로 NO.40체통과분의 PI는 4이하로 한다.

- 주) 1. 혼합물의 0.075mm체통과량이 10%이하인 경우에도 물을 함유하면 연약화 할 때가 있으므로 0.075mm체통과량은 다짐이 되는 범위 내에서 되도록 적을수록 좋다.
2. 입도조정고로슬래그 및 수경성입도조정 고로슬래그를 사영할 때는 표4.31에 의하여 사전에 그 품질을 확인해 두어야 한다.

### 나) 역청안정처리공법(가열아스팔트안정처리공법)

역청안정처리공법은 골재에 역청재료를 첨가해서 혼합하고 이것을 다져서 기층을 축조하는 공법으로 가열혼합식과 상온혼합식이 있다. 상온혼합식이란 100℃이하에서 포설하는 공법으로 노상혼합방식과 플랜트혼합방식이 있다. 일반적으로 역청안정처리공법은 역청재료에 따라서 골재간의 결합을 높이고 처짐성, 내수성 및 내구성이 있도록 한 것이다. 아스팔트 피니셔나 스테빌라이저 등을 사용함으로써 시공성과 평탄성

이 좋으며 시공직후에 교통을 개방해도 표면이 거칠게 되지 않는 이점이 있다. 역청 안정처리공법에서는 교통량이 많지 않는 노선에서 안정처리면에 실코트(Seal coat) 또는 아마코트(Armour coat) 등의 표면처리를 하여 일시적으로 교통에 이용하고, 장래 교통량이 증대할 경우에 다시 3~4cm 두께의 표층을 그 위에 포설하는 경우도 있다. 특히 노상혼합방식에 의한 아스팔트유제 안정처리공법에 사용예가 많다.

(1) 재료

(가) 역청재료

안정처리에 사용하는 역청재료에는 스트레이트 아스팔트, 아스팔트유제, 커트백 아스팔트 등이 있다.

(나) 골재

역청안정처리에 사용하는 골재는 현지재료, 부순돌, 자갈, 슬래그, 모래 등이다. 골재의 바람직한 입도범위는 표34에 표시한 것과 같고 NO.40체통과분의 PI가 9이하인 것이어야 한다. 또 막부순돌을 단독으로 사용할 때는 0.075mm체 통과중량은 5%이하, 2.36mm체 통과중량은 10%이하인 것이 좋다.

표 4.56 역청안정처리재료의 바람직한 입도범위

체의 호칭치수(mm)	체통과중량백분율(%)
50	100
40	95 ~ 100
19	50 ~ 100
2.36	20 ~ 60
0.075	0 ~ 10

- 주) 1. 골재의 입경분포는 양호할수록 시공성이 좋고 세립분이 적을수록 소요아스팔트량은 적어진다. 최대입경은 1층 마무리 두께의 1/2이하이어야 하며 최대입경 30mm이하의 재료를 사용하면 혼합물의 분리가 적고 작업성이 좋다.
2. 아스팔트유제를 사용할 경우 골재입도는 표 4.47의 입도범위중 하한에 가까운 것이 결과가 좋다.
3. 골재를 가열해서 사용할 경우 흡수성이 큰 골재나 세립분이 많은 골재는 가열해도 수분이 완전히 빠지지 않는 수가 있으므로 플랜트에서 시험비빔을 하여 건조상태를 검토해야 한다.

(1) 배합설계

(가) 가열혼합식

아스팔트량은 경험에 의하거나 또는 마찰시험을 하여 결정한다. 마찰시험에 의한 경우에는 표 4.57에 표시하는 기준치의 범위 내에서 경제성을 고려해서 정하고 일반적인 설계아스팔트량은 4~6%의 범위이다.

표 4.57 마찰시험 기준도

기준치	종류	가열혼합
마찰안정도(kgf)		500 이상
흐름값(1/100cm)		10~40
공극률(%)		3~8
다짐회수(회)		50

- 주) 1. 25mm보다 큰 골재는 같은 중량만큼의 25~13mm로 치환하여 마찰시험을 행한다.  
 2. 교통량이 적은 경우에는 흐름치의 상한을 50으로 해도 된다.  
 3. 세립분이 적고 안정도가 규정이하인 경우에는 석분을 첨가하면 안정도가 개선된다.  
 4. 유화아스팔트, 커트백아스팔트 및 포장타르를 사용할 경우도 표 4.48을 준용한다.

(나) 상온혼합식

역청재료의 양은 골재입도, 골재의 품질, 기상조건 등에 따라 변하므로 종래의 시공경험에 따라 결정하든지 또는 표 4.58에 표시한 범위 내에서 경제성을 고려해서 정한다. 역청재료의 양은 골재의 입도가 표 4.56의 하한에 근접하면 하한에, 상한에 근접하면 상한에 가깝게 잡는다. 또 흡수성이 큰 골재를 사용할 경우나 한랭지 등에서는 상한 가까이가 좋다. 표 4.58의 범위는 역청재료 그 자체의 양을 말하며 잔류 아스팔트양은 아니다.

표 4.58 역청재료의 바람직한 범위

역청재료의 종류	범 위
아스팔트유제	6.0~7.5
커트백 아스팔트	3.5~4.5

- 주) 1. 사용재료를 검토할 필요가 있을 때는 결정한 아스팔트량으로 마찰시험을 하여 안정도가 250kgf 이상인가를 확인한다. 다만 막부순돌 단독으로 사용 할 때는 마찰시험을 하지 않아도 된다.
2. 상온혼합물의 마찰시험은 다음 방법에 의한다.
- (1) 아스팔트 유제를 사용할 때는 표면건조포화상태에 가까운 함수비의 골재에 아스팔트 유제를 가해서 충분히 혼합한다.
  - (2) 커트백아스팔트를 사용할 때는 기건 상태에 가까운 골재에 커트백아스팔트의 동점도가 150 ~ 300 cst(셰이볼트 후롤 75 ~ 150초) 가 되는 온도에 가열해서 충분히 혼합한다.
  - (3) 이 혼합물은 직접 마찰 안정도시험용 몰드(Mold)에 넣어 양면을 50회씩 다지고 몰드에 넣은 대로  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 의 항온건조로에 넣어 24시간방치한 후 꺼내어 30분간 침청해서 마찰 안정도를 측정한다.
3. 노상혼합방식의 경우에는 재래면까지 교란 시키므로 세립분이 많아지게 되는데 입도 범위의 하한에 가까워지도록 굵은 골재를 보충하면 된다.
4. 아스팔트 유제로 안정 처리한 보조기층에 표면처리를 해서 교통에 이용할 때는 아스팔트를 기준량보다 1%정도 증가함이 바람직하다.

#### 다) 시멘트 안정처리공법

시멘트안정처리공법은 현지재료 또는 이것에 보충 재료를 가한 것에 시멘트를 첨가해서 처리하는 공법으로 강도가 증가하고 함수량의 변화에 의한 강도의 저하를 방지하면 내구성이 증가하는 특징이 있다.

기층재료로서의 시멘트 안정처리재료는 일반적으로 중앙플랜트에서 혼합된다.

#### (1) 재료의 선정

##### (가) 시멘트

시멘트는 포틀랜드 시멘트, 고로시멘트 및 플라이애쉬 시멘트의 어느 것을 사용해도 좋다. 플라이애쉬 등을 시멘트와 같이 사용하면 시멘트안정처리의 강도 및 기타의 성질을 개량할 수도 있다.

##### (나) 골재

시멘트 안정처리공법에 사용되는 골재는 현지재료나 이것에 부순돌, 자갈, 슬래그, 모래 등의 보충재를 가하여 합성한 것으로서 다량의 연석이나 실트, 점토덩어리를 함유하지 않고 No.40체 통과분의 PI가 9이하이어야 한다.

시멘트 안정처리재료의 입도범위는 표 4.59를 표준으로 한다.

표 4.59 시멘트안정처리용 골재의 바람직한 입도범위

체의 호칭치수(mm)	체통과중량 백분율
50	100
40	95 ~ 100
19	50 ~ 100
2.36	20 ~ 60
0.075	0 ~ 15

주) 표 4.59에 표시한 입도의 범위는 절대적인 것이 아니다. 혼합이나 다짐 등 시공의 난이를 고려하면 어느 정도 굵은 골재를 함유하는 연속적인 입도의 것이 좋다. 입도가 아주 불량한 경우나 소성이 큰 점질토의 경우에는 소기의 목적을 달성하기 위하여 필요한 시멘트량이 많아져 비경제적인 경우가 있다.

(2) 배합설계

소요 시멘트량은 일축압축강도  $q_u=30kgf/cm^2$ , O, I 교통에서는  $q_u=25kgf/cm^2$ 에 상당하는 시멘트량 C%이다.

라) 석회안정처리공법

석회안정처리공법은 골재의 입도가 표 4.60의 범위에 있으며 PI가 4를 초과하고 양질의 현지재료가 있을 경우에는 이들 석회를 첨가해서 처리하는 공법이다. 기층재료로서의 석회안정처리재료는 일반적으로 중앙플랜트로 혼합된다.

(1) 재료의 선정

(가) 석회

석회는 표 4.33의 공업용 석회를 사용한다. 표 중 어느 것을 사용해도 되며 등급은 일반적으로 1급을 사용한다.

(나) 골재

석회안정처리에 사용하는 골재의 입도는 표 4.60의 입도범위에 들고 NO.40체 통과분의 PI가 6 ~ 18인 것이 좋다.

주) 세립분이 적은 경우에는 플라이애쉬 등의 포졸란을 가하면 효과가 있다. 또 PI가 12이하인 세립토를 사용하면 분쇄, 혼합이 용이하다.

표 4.60 석회안정처리용 골재의 바람직한 입도범위

체의 호칭치수(mm)	체통과중량 백분율(%)
50	100
40	95 ~ 100
19	50 ~ 100
2.36	20 ~ 60
0.075	2 ~ 20

(2) 배합설계

- ① 처리하려고 하는 재료에 석회량을 변화하여 각각에 대해서 최적함수비를 구한다.
- ② 각배합의 최적함수비의 공시체를 제작하여 9일 양생 1일 수침 후의 공시체에 대해서 일축압축강도시험을 한다. 시험결과에 따라 그림 4.38에 표시하는 첨가량과 일축압축강도곡선을 그려 목표로 하는 일축압축강도  $q_{u=10kgf/cm^2}$ , O, I 교통에서는  $q_{u=7kgf/cm^2}$  에 상당하는 석회량 d%를 구한다.

마) 막부순돌 공법

막부순돌 공법은 사용하는 재료는 최대입경 40, 30 및 19mm이니 것으로 표준입도는 표 4.61과 같은 입도범위로 수정 CBR이 60이상, NO. 40 체통과분의 PI는 4이하이어야한다.

표 4.61 막부순돌의 바람직한 입도범위

입경의 범위(mm)		NO.40-NO.4	NO.30-NO.4	NO.20-NO.4
체의 호칭치수(mm)				
체 통 과 중 량 백 분 율 (%)	50	100	-	-
	40	95-100	-	35-70
	30	100	95-100	40-75
	25	100	95-100	-
	19	-	100	90-100
	13	-	-	90-100
	5	15-40	15-45	20-50
	2.36	5-25	5-30	10-35

- 주) 1. 0.075mm 체통과중량에 대한 규정은 없으나 10%정도의 것이 잘 다져진다.  
 2. 최대입경이 큰 골재는 운반, 부설 시에 대·소입경의 골재가 분리되기 쉬우므



로 될 수 있으면 최대입경이 30mm이하로 하는 것이 좋다.

#### 5) 프라임코우트

프라임코우트 시공은 기층을 마무리하면 되도록 빨리 프라임코우트를 시공한다. 프라임코우트는 주로 다음과 같은 목적으로 시행한다.

- ① 기층과 그 위에 깔 아스팔트 혼합물과의 접촉을 좋게 하여 일체화 시킨다.
- ② 기층에 충분하게 침투하여 그 부분을 안정시킨다.
- ③ 기층마무리 후 아스팔트 혼합물을 포설할 때까지의 사이에 작업차에 의한 기층이나 보조기층의 파손, 강우에 의한 세굴, 표면수의 침투 등을 방지한다.
- ④ 보조기층으로부터 수분의 모관상승을 차단한다.

프라임코우트로 사용하는 역청재료에는 유화아스팔트(RS(C)-3 또는 RS(A)-3, 커트백 아스팔트(MC-0~1, 보조기층이나 기층이 특히 흡수성의 경우에는 MC-1~2), 포장타르(A-1~3호, B-1~3호)등이 있다. 프라이머는 보조기층이나 기층의 종류, 보조기층이나 기층면의 상태, 시공 시기 등에 따라 적당한 것을 선정하여야 한다. 일반적으로 노면이 치밀한 경우에는 침투성이 좋은 것이, 한랭 시에는 휘발성이 큰 것이 좋다.

- ① 프라이머의 사용량은 24시간의 침투량이 기준이 되며, 시험살포에 의하여 종류나 살포량을 정하는 것이 좋다. 일반적으로  $0.5 \sim 1 // m^2$ 이 표준이다.
- ② 프라임코우트의 시공은 프라이머를 그대로 또는 필요가 있으면 가열하여 적당한 점도로 해서 디스트리뷰터 또는 스프레이어로 균일하게 살포한다. 보통 프라이머의 살포점도는 동점도 50~200센티스토크스(cSt 세이볼트휴롤도 20~100초)의 범위가 적당하다.
- ③ 프라임코우트를 살포한 후에 프라이머가 충분히 침투하여 휘발성이 없어질 때까지 양생한 다음에 아스팔트혼합물을 포설한다. 커트백 아스팔트나 포장타르를 사용할 경우에는 원칙적으로 24시간이상 양생하는 것이 좋다.
- ④ 프라임코우트를 시공한 후에 부득이 교통을 개방해야 할 경우에는 차량에 부착을 방지하기 위하여 왕모래 등을 살포한다. 교통에 의하여 프라임코우트가 벗겨진 경우에는 되도록 빨리 프라임코우트를 다시 시공하고 보수해 두어야 한다. 또한 살포한 왕모래가 떠있는 것은 윗층을 포설하기 전에 쓸어버려야 한다.

- 주) 1. 프라이머가 기층이나 보조기층에 침투하지 않고 두터운 피막을 만들면 중간층 또는 표층과의 사이에 층이 생겨 블리이딩을 일으키던가 층사이가 갈려 윗층에 균열이 생기게 하는 원인이 되는 일이 있으므로 특히 주의하여야 한다.
2. 커트백 아스팔트나 포장타르는 양생이 불충분하면 기층표면에 남은 부분이 윗층의 아스팔트를 연화시킬 염려가 있으므로 특히 주의해야 한다.
3. 기층에 역청안정처리를 할 경우에 택코우트(Tack coat)를 한다.

## 6) 표층 및 중간층

표층은 교통하중이나 기상의 영향을 직접 받으므로 차축에 의한 전단력이나 마모에 대해서 안전하게 견딜 수 있으며 마찰저항이 크고 우수의 침투가 적은 것이어야 한다. 일반적으로 표층 및 중간층의 공법으로서는 가열혼합식, 상온혼합식 및 침투식이 있으며 각 공법의 개요와 특성은 표 4.62와 같다. 이 공법중 어느 것을 선정할 것인가는 교통량의 다소, 기상조건이나 공사규모, 시공현장의 상황, 시공시기 등을 종합적으로 검토하여 목적에 적합한 경제적인 공법을 선정해야 하지만 원칙적으로 가열혼합식을 사용한다.

표 4.62 표층 및 중간층에 사용되는 공법

공 법	공법의 개요	특성
가열혼합식	가열골재와 가열 용융한 스트레이트아스팔트 혼합물을 펄서 롤러로 다져 마무리 하는 공법이다.	안정성, 내구성 및 시공성이 뛰어나기 때문에 널리 사용하고 있다. 가열혼합설비의 설치를 필요로 하는 경우에 소규모공사에서는 공사비가 높아진다.
상온혼합식	골재와 역청재료를 상온 또는 그에 가까운 온도에서 혼합한 혼합물을 허서 롤러로 다져 마무리 하는 공법이다.	가열혼합식에 비하여 안정성, 수밀성이 어느 정도 떨어진다. 특히 골재의 수분관리를 충분히 하니 않으면 혼합물의 품질분리를 일으킬 염려가 있는데 시공이 간편하여 소규모공사에 사용한다.
침투식	골재를 펄고 다져 역청재료를 살포 침투시키는 작업을 반복하여 소정의 두께로 마무리하는 작업이다.	상온혼합식에 비하여 평탄성, 내구성 등이 약간 떨어지고 시공이 복잡하여 숙련을 요한다. 소규모공사에 사용한다.

## 7) 마모층

### 가) 마모층

일반적으로 표층은 교통작용에 의한 전단력 등에 충분히 견딜 수 있도록 배합설계되어 있으나 적설지대에서 타이어체인, 농업용 차량의 특수타이어 등으로 마모가 심하다고 염려 될 경우에는 마모층을 표층위에 설치할 필요가 있다. 또, 별도로 층을

설치하지 않고 표층의 일부를 마모층으로 하여 설계하는 수도 있다. 마모층의 두께는 교통차량등을 고려하여 1.0~2.0cm 정도 시공한다. 또 마모층은 포장두께에 포함하지 않는다. 일반적으로 마모층은 표층과 동시에 내마모성 혼합물로 시공한다. 매마모성 혼합물로는 마모가 되지 않는 골재를 사용하는 수가 있다. 일반적으로 내마모층용 혼합물 등을 사용한다.

나) 미끄럼방지공

필요에 따라서 곡선부, 급기울기부 및 교차점전에 미끄럼방지용 혼합물을 이용하여 포장한다. 미끄럼방지용 혼합물로서는 일반적으로 경질규암, 안산암 및 실리카 샌드 등의 각이 많고 강경한 골재를 스트레이트아스팔트, 개질아스팔트, 특수아스팔트유제등의 결합재로 혼합한 것을 사용한다.

나. 아스팔트혼합물의 배합설계

표층 및 중간층은 교통하중이나 기상작용의 영향을 많이 받는 부분으로 아스팔트 혼합물을 사용한다. 혼합물의 종류에는 용도, 교통조건, 기상조건 등을 고려해서 적절한 것을 선정해서 사용한다. 혼합물은 소요의 성상을 갖도록 배합설계를 함에 있어서는 특히 재료의 선정, 골재의 입도 및 아스팔트량의 결정을 신중히 해야 한다.

1) 혼합물의 종류

가) 가열혼합식공법

혼합물의 종류는 표41을 표준으로 한다. 굵은 골재의 비율과 입도분포에 따라서 조립도, 밀입도, 개립도 아스팔트혼합물이라 하고 입도분포가 불연속적인 것을 겹아스팔트(Gap asphalt)혼합물이라 한다.

표 4.63. 혼합물의 종류

층구성		일반지역	적설한랭지역
중간층		①조립도 아스팔트콘크리트(19)	
표층		②밀입도 아스팔트콘크리트(19,13) ③세립도 아스팔트콘크리트(13) ④밀입도 겹 아스팔트콘크리트(13)	⑤밀입도 아스팔트콘크리트(19F,13F) ⑥세립도 겹 아스팔트콘크리트(13F) ⑦세립도 아스팔트콘크리트(13F) ⑧밀입도 겹 아스팔트 콘크리트(13F)
마 모 층	내 마 모 용		⑥세립도 겹 아스팔트콘크리트(13F) ⑦세립도 아스팔트콘크리트(13F)
	미 끄 럼 방 지 용	⑨개립도 아스팔트콘크리트(13)	

주) 1. ○내의 번호는 혼합물의 정리번호를, ( )내의 숫자는 최대입경을, 또한 F는 석분(Filler)을 많이 사용하고 있는 것을 나타낸다.

2. 골재의 최대입경이 19mm인 것과 13mm인 것을 비교하면 19mm인 것이 일반적으로 내유동, 내마모, 미끄럼 저항성 등의 성질이 좋다. 일반적으로 내구성에 대해서는 13mm인 것이 좋고 시공두께가 40mm이하인 경우에는 13mm인 것이 마무리면이 균질하다.
3. F는 내마모성과 내구성이 좋은 것이 많으나 세립분이 많아 내유동성이 부족한 경향이 있다.
4. 각각의 혼합물의 성질과 대표적인 사용 장소는 다음과 같다.
  - ① 세립도 아스팔트콘크리트(19)는 일반적으로 중간층에 사용된다.
  - ② 밀입도 아스팔트콘크리트(19, 13)는 내유동성, 내마모성, 미끄럼저항성, 내구성이 좋으며 일반적으로 표층에 사용한다. 또한 최대입경 19mm의 것은 특히 내유동성이 좋다.
  - ③ 조립도 아스팔트콘크리트(13)는 내구성은 좋지만 내유동성이 좋지 않은 경향이 있다. 교통량이 적은 경우나 보행자용도로포장에 사용하는 경우가 많다.
  - ④ 밀입도 깎 아스팔트콘크리트(13)는 미끄럼저항 및 내유동성에 좋으나 내구성이 좋지 않은 경향이 있다. 미끄럼 방지를 겸한 표층에 사용한다.
  - ⑤ 밀입도 아스팔트콘크리트(19F, 13F)는 내마모성이 좋다.
  - ⑥ 세립도 깎 아스팔트콘크리트(13F)는 내마모성, 미끄럼저항성 및 내구성이 좋으며 표층 및 마모층에 사용한다.
  - ⑦ 세립도 아스팔트콘크리트(13F)는 내마모성과 내구성이 좋으며 마모층이나 보행자용도로포장에 사용하는 경향이 많다.
  - ⑧ 밀입도 깎 아스팔트콘크리트(13F)는 미끄럼저항성 및 내마모성이 좋으며 미끄럼방지를 겸한 표층에 사용한다.
  - ⑨ 개립도 아스팔트콘크리트(13)는 특히 미끄럼 저항성이 좋으며 내구성이 좋지 않은 경향이 있다. 마모층에 사용한다.

지역의 구분은 동기에 타이어체인에 의한 내구의 문제가 되는 지역을 적설한랭지역이라 하고, 기타의 지역을 일반지역이라 한다. 표층에는 일반지역에서 대형차교통량이 많은 농로에는 처짐이나 내구성이 큰 혼합물을 선정해서 사용하고, 적설한랭지역의 농로에는 내마모성을 중시한 혼합물을 선정하면 된다. 혼합물의 선정에 있어서는 기상조건에 의한 지역구분, 교통구분, 차선 수, 선형조건, 시공 장소의 사용목적, 재료조건, 1층의 마무리두께, 시공성 등을 고려한다. 그 밖의 혼합물 선정 시 주의사항은 다음과 같다.

- ① 특히 대형차교통량이 많은 경우에는 ②, ⑤의 최대입경이 큰 혼합물을 사용한다.
- ② 교통량이 적고 내구성을 중시하는 경우와 보도, 자동차도 등의 포장에는 ③, ⑦을 사용한다.
- ③ 특히 미끄럼을 중시하여 마모층을 두는 경우에는 ⑨를 사용하고 내구성을 고려하

여 표층을 겸한 미끄럼방지를 목적으로 하는 경우에는 ④를 사용한다.

- ④ 적설지역에서 표층위에 특히 마모층을 설치할 경우의 표층에서는 일반지역에 사용하는 혼합물의 ②를 사용하면 좋다.
- ⑤ 미끄럼방지포장, 교면포장 등에서의 보통의 가열혼합물 이외의 재료, 공법을 사용하는 경우에는 특수포장 및 특수재료의 항을 참조하면 된다.

#### 나) 상온혼합식 공법

상온혼합식공법이란 골재와 역청재료를 혼합하여 상온에서 포설하는 공법이며 이들 혼합물은 아스팔트 플랜트 또는 간이플랜트로 제조한다. 이 공법의 특징은 상온(100℃이하)에서 포장이 가능할 것, 역청재료의 종류에 따라서는 저장이 가능할 것 등이다.

이 공법은 다음사항에 유의해야 한다.

- ① 상온혼합물에서는 골재에 포함되어 있는 수분이 완성된 혼합물의 품질을 좌우하도록 골재의 함수량을 조정해야 한다.
- ② 상온혼합물의 안정도는 혼합물중의 수분의 증발, 용제의 휘발과 다짐에 의하여 증진되므로 가능하면 충분한 시간을 가지고 전압해야 한다.
- ③ 초기의 안정성을 유지하고 수밀하게 하려면 표층마무리 후 쉘 코우트(Seal coat)를 시공할 필요가 있다. 커트백 아스팔트 혼합물에서 쉘 코우트는 용제의 휘발 후 7일에서 10일 뒤에 시공한다.
- ④ 한랭한 시기에는 혼합물중의 수분이 동결할 염려가 있으므로 시공을 하지 않는 것이 좋다.

#### 다) 침투식 공법

침투식 공법은 노면상에 골재를 깔아놓은 다음 골재의 맞물림에 의하여 하중을 지지하고 살포, 침투한 역청재료의 접착성과 점성에 의하여 골재의 이동을 방지하여 안정성 있는 표층을 만드는 것이다. 이 공법에는 사용하는 역청재료의 점도에 의하여 가열해서 살포하는 경우와 상온에서 살포하는 경우가 있다.

침투식 공법에는 다음 사항을 유의해야 한다.

- ① 표면은 반드시 쉘 코우트로 마무리하여 수밀성을 지지해야한다.
- ② 한랭한 시기에는 골재와 역청재료의 접착이 좋지 않으므로 재료의 선정과 시공에 특히주의해야 한다.
- ③ 시공 후 어느 기간 동안 자연전압으로 하면 밀도가 증가하므로 주의 있게 관찰하여 결함이 발생되면 즉시 적당한 조치를 취한다.
- ④ 마무리면의 평탄성은 혼합시공법보다 약간 떨어지므로 주골재의 퍼고르기, 전압에는 특히 주의해야 한다.
- ⑤ 역청재료의 포설에는 디스트리뷰터 또는 엔진스프레이를 사용한다.

## 2) 배합설계

### 가) 가연혼합물의 배합설계

혼합물의 배합설계는 소요의 품질재료를 사용하여 안정성과 내구성, 특히 표층에서는 미끄럼의 저항성이 좋고 혼합, 포설, 다짐 및 표면 마무리의 각 작업이 용이한 혼합물이 얻어지도록 하여야 한다. 배합설계에는 원칙적으로 마샬시험을 이용하나 동일한 재료와 배합에 의하여 양호한 결과가 있는 과거의 설계 예가 있을 경우, 또한 소규모의 포장공사인 경우 등에서는 마샬시험을 생략할 수가 있다. 아스팔트 혼합물의 배합설계에서 소요의 성상을 만족할 수 없는 경우에는 특별한 대책에 의한다.

#### (1) 배합설계의 순서

혼합물의 배합설계는 다음 순서에 따라 행한다.

- ① 소요의 품질을 가지고 일정하게 필요한 양을 확보할 수 있는 재료를 선정하여 시료를 구취한다.
- ② 표 4.64의 입도범위에 들어가고, 또한 적절한 입도곡선이 얻어지도록 선정된 각 골재의 배합 비를 결정한다.
- ③ 배합된 골재에 대한 설계 아스팔트량은 본 항 나)의 설계 아스팔트량의 설정에 표시한 방법에 따라 설정한다.
- ④ 대규모의 포장공사 등의 경우는 포설에 앞서 설계아스팔트량의 혼합물을 실제의 아스팔트 플랜트에서 제조하여 마샬시험을 하고 기준치와 비교하여 만족하지 않을 경우에는 골재입도 또는 아스팔트량의 수정을 하고 최종적인 배합을 결정한다.

표 4.64 가열아스팔트 혼합물의 골재입도

혼합물의 종류	① 조립도 아스팔트 콘크리트 (19)	② 밀입도아스팔트 콘크리트		③ 세립도 아스팔트 콘크리트 (13)	④ 밀입도겉 아스팔트 콘크리트 (13)	⑤ 밀입도아스팔트콘 크리트		⑥ 세립도겉 아스팔트 콘크리트 (13F)	⑦ 세립도 아스팔트 콘크리트 (13F)	⑧ 밀입도겉 아스팔트 콘크리트 (13F)	⑨ 개립도 아스팔트 콘크리트 (13)	
		(19)	(13)			(19F)	(13F)					
마무리두께(cm)	4~6	4~6	3~5	3~5	3~5	4~6	3~5	3~5	3~4	3~5	3~4	
최대입경(mm)	19	19	13	13	13	19	13	13	13	13	13	
통 과 중 량 백 분 율 (%)	25mm	100	100			100	100					
	19	95~100	95~100	100	100	95~100	95~100	100	100	100	100	
	13	70~90	75~90	95~100	95~100	95~100	75~95	0	95~100	95~100	95~100	95~100
	0.60(NO.4)	35~55	45~65	55~70	65~80	35~55	52~72		60~80	75~95	45~65	23~45
	2.36(NO.8)	20~35	35~50		50~65	30~45	40~60		45~65	65~80	30~45	15~30
	0.60(NO.30)	11~23	189~30		25~40	20~40	25~45		40~60	40~65	25~40	8~20
	0.30(NO.50)	5~16	10~21		12~27	15~30	16~33		20~45	20~45	20~40	4~15
	0.15(NO.100)	4~12	6~16		8~20	5~15	8~21		10~25	15~30	10~25	4~10
0.075(NO.200)	2~7	4~8		4~10	4~10	6~11		8~13	8~15	8~12	2~7	
아스팔트량(%)	4.5~6	5~7		6~8	4.5~6.5	6~8		6~8	7.5~9.5	5.5~7.5	3.5~5.5	

- 주) 1. 배합설계에 사용하는 각 재료의 시료는 혼합 시에 반입되는 재료와 크게 다르지 않도록 주의하여 채취해야 한다.
2. 적절한 입도곡선에는 표 4.55와 같은 입도범위의 중앙치를 연결하는 곡선을 사용한다. 그러나 현지재료에 따라 중앙치에 일치시키는 것이 어려운 경우에는 입도가 그 입도범위 내에 있고 가능한 한 중앙치에 가까운 곡선을 사용한다.
3. 배합설계에 사용하는 골재시료는 플랜트에서 오버사이즈로서 제거되는 것과 더스트 콜렉터로부터 제거되는 것 등의 양을 추정해서 이들을 고려한 입도의 것을 사용한다.
4. 겉 입도는 단입도의 굵은 골재와 잔골재와의 조합으로 얻어진다. 따라서 잔골재의 구득이 곤란한 곳에서는 겉입도의 배합을 얻지 못할 때도 있다. 이때는 혼합물의 종류와 배합을 검토하여 원하는 입도를 달성하도록 한다.
5. 아스팔트량에 대한 0.075mm(NO.200)체 통과량의 비율은 일반지역에서는 0.8~1.2 정도, 적설한랭지역에서는 내마모성의 혼합물을 얻기 위하여 1.3~1.6정도의 범위로 하는 수가 많다.
6. 스크리닝스(입공모래를 제외하고)와 천연모래와의 배합비율은 스크리닝스가 천연 모래보다도 많게 되도록 하는 것이 좋다.

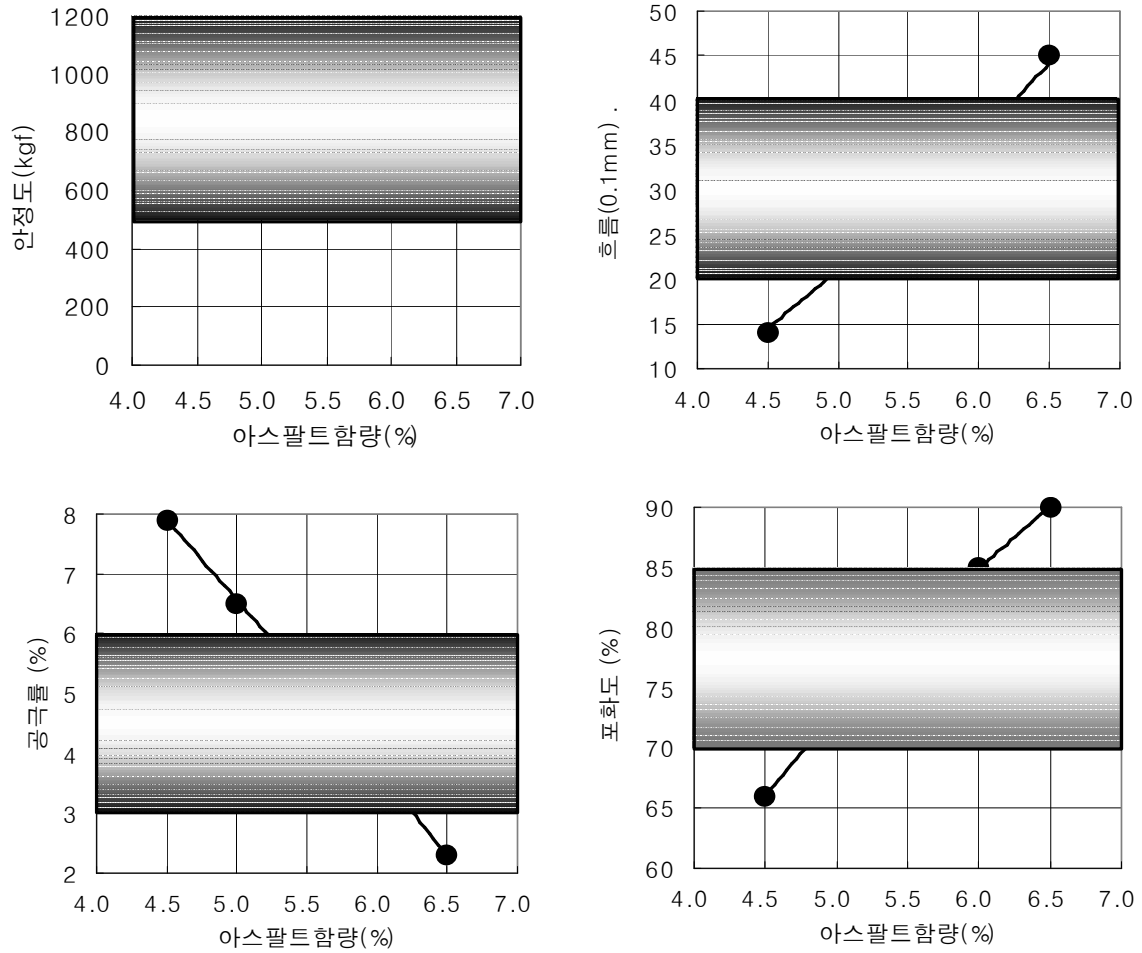
7. 물의 영향을 받기 쉬운 곳에 사용하는 혼합물은 0.075mm 체통과중량중 2% 정도를 소석탄 등으로 치환하면 좋다.

## (2) 설계아스팔트량의 설정

적절한 입도가 되도록 배합된 골재에 대해서는 설계아스팔트량을 다음 방법에 따라 결정한다. 이전에 동일재료 및 배합을 사용하여 양호한 결과를 얻은 시공 예가 있으면 그때의 아스팔트량을 설계아스팔트량으로 할 수 있다.

- ① 표 4.42에서 선정한 혼합물의 아스팔트량 범위 내에서 0.5%마다 아스팔트량을 바꾼 혼합물에 대해 각각 마샬시험용 공시체를 제작한다.
- ② 공시체의 밀도, 안정도 및 흐름치를 측정하여 공극률과 포화도를 계산한다.
- ③ 각 공시체의 아스팔트량을 횡축에 밀도, 공극률, 포화도, 안정도 및 흐름치를 종축에 산술눈금을 취하고 각각의 값을 표점해서 그림 4.14와 같이 매끄러운 곡선으로 연결한다.
- ④ 그림 4.39에서 표 4.65에 표시한 기준치를 각각 만족하는 아스팔트량의 범위를 구한다.
- ⑤ 모든 기준치를 만족하는 아스팔트량의 범위(이하 공통범위라 한다)를 구하여 그 중앙치를 설계 아스팔트량으로 한다. 일반지역에서 소성변형이 크게 될 것이 예상되는 장소에서는 중앙치에서 하한치의 범위내로 성할 수 있다. 교통량이 적은 장소나 적설 한랭지역의 마모작용이 많은 장소에서는 중앙치에서 상한치의 범위내로 증가할 수 있다.





특성치	전체 만족 구간	만족 구간
안정도	4.5 - 6.5	4.5 - 6.5
흐름	4.9 - 6.2	4.9 - 6.2
공극률	5.2 - 6.3	5.2 - 6.3
포화도	4.8 - 6.2	4.8 - 6.2
구 간	5.2 - 6.0	OAC=5.8%

아스팔트 함량 (%)

그림 4.39 전체 만족구간 중 공극률 4%에서 최적아스팔트함량의 설정 예

주) 1. 특히 유동방지나 마모방지를 중시하는 경우, 중앙치 이외에서 설계아스팔트량을 구하는 경우는 다음과 같다.

- ① 골재간극률, 안정도/흐름치를 구하고 그림 4.39와 같이 표시하여 매끄러운 곡선으로 연결하고 최대점, 최소점이 있는 것은 그 점을 구하여 둔다. 골재간극률(%)은 골재의 최대입경이 19mm일 때 15%이상, 13mm일 때 16%이상인 것이 좋다. 안정도/흐름치(100kgf/cm)는 일반지역에서 20~50, 적설한랭지역에서 15~45의 범위가 바람직하다.
  - ② 일반지역에서 특히, 큰 소성변형이 예상되는 경우의 표층혼합물(특별한 경우는 중간층을 포함)의 설계아스팔트량은 공통범위의 중앙치에서 하한치의 범위로 설정하면 된다. 이 경우 골재간극률이 최소점인 아스팔트량보다 적고, (안정도/흐름치)가 최대치인 아스팔트량보다 많은 범위 내에서 아스팔트량을 선정하는 방법이 있다. 그러나 중간치의 아스팔트량보다 0.5%이상 적게 하지 않는 것이 좋다.
  - ③ 적설한랭지역에서 특히 마모작용이 심한 경우와 일반지역에서 교통량이 적은 경우, 다우다습한 지역 등 특히 내구성을 중시하여 설계 아스팔트량을 설정하는 경우에는 공통범위의 중앙치로부터 상한치의 범위에서 설정하면 좋다. 이 경우 골재간극률의 최소점, 안정도의 최대점인 아스팔트량보다 많고, 밀도의 최대점의 아스팔트량보다 그다지 많지 않은 범위에서 선정하는 방법도 있다.
2. 개립도 아스팔트콘크리트의 설계 아스팔트량의 설정은 마찰시험으로는 곤란하며 시험적으로 현장시공에 의해 확인해야 함으로 경험을 중시하는 것이 좋다.
3. 혼합물의 이론최대밀도계산에 사용하는 골재비중은 다음 식으로 구한 겉보기 비중을 채용한다. 다만, 흡수율 1.5%를 넘는 굵은 골재에서는 겉보기 비중과 다음 식으로 구한 표견비중과의 평균치를 사용한다.

$$\text{겉보기 비중} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{표견 비중} = \frac{A}{B - C}$$

여기서, A: 골재시료의 건조중량(gf)  
 B: 표면건조포화상태에서 측정된 중량(gf)  
 C: 24시간 수침후의 수중중량(gf)

4. 공시체의 간극률과 골재간극률 및 포화도는 다음 식으로 계산한다.

$$V_v = \left(1 - \frac{D_m}{D_t}\right) \times 100(\%)$$

$$V_{fa} = \frac{V_a}{V_a + V_v} \times 100(\%)$$

$$V_{ma} = V_v + \frac{W_a \times D_m}{D_a} (\%)$$

$$V_a = \frac{W_a \times D_m}{D_a \times r_w} (\%)$$

여기서,  $V_v$  : 간극률(%)

$V_{fa}$  : 포화도(%)

$V_{ma}$  : 골재간극률(%)

$D_m$  : 밀도( $g/cm^3$ )

$D_t$  : 이론최대밀도( $g/cm^3$ )

$W_a$  : 아스팔트의 배합률(%)

$D_a$  : 아스팔트의 밀도

$r_w$  : 상온에서의 물의 밀도( $g/cm^3$ )

$$D_t = \frac{100}{\frac{W_a}{D_a} + \frac{1}{r_w} \sum \frac{W_i}{G_i}}$$

여기서,  $W_i$  : 각골재의 배합률(%)

$G_i$  : 각골재의 비중

다만,  $W_a + \sum W_i = 100$

5. 플랜트의 시험혼합으로 만든 마샬공시체의 간극률, 포화도, 골재간극률 등의 계산에는 배합설계에 사용한 골재비중을 그대로 사용한다.

표 4.65 마샬시험에 대한 기준치

혼합물의 종류 (최대입경)	① 조립도아 스팔트 (19)	② 밀입도 아스팔트 (19,13)	③ 세립도 아스팔트 (13)	④ 밀입도겉 아스팔트 (13)	⑤ 밀입도겉 아스팔트 (19F,13F)	⑥ 세립도겉 아스팔트 (13F)	⑦ 세립도 아스팔트 (13F)	⑧ 밀입도겉 아스팔트 (13F)	⑨ 개립도 아스팔트 (13)
다짐회수 (회)	50 (75)*				50				50 (75)**
안정도 (kgf)	500이상	500이상 (750이상)*	500이상				350이상	500이상	350이상
흐름치 (1/100cm)	20~40						20~80	20~40	
공극률(%)	3~7	3~6	3~7	3~5	2~5	3~5	-		
포화도(%)	65~85	70~85	65~85	75~85	75~90	75~85	-		

- 주) 1. \*는 대형차교통량이 1일1방향, 1000대 이상인 경우에 유동에 의한 소성변형이 우려되는 포장에 적용함.  
 2. \*\*는 물의 영향을 받기 쉽다고 생각되는 혼합물 또는 그와 같은 장소에서 포설되는 혼합물에 대하여는 다음 식으로 구한 잔류안정도가 75%이상이 바람직하다.

$$\text{잔류안정도}(\%) = \frac{60\text{CENTIGRADE} \cdot 48\text{시간수침 후의 안정도}(kgf)}{\text{안정도}(kgf)} \times 100$$

나) 상온혼합물의 배합설계

혼합물의 배합설계는 주어진 재료로 소요의 품질, workability, finishability를 갖고 변화가 비교적 빠르며 가장 경제적인 혼합물이 얻어질 수 있도록 해야 한다. 배합설계에서는 과거의 실시예가 있으면 그것을 사용하고 실시예가 없는 경우에는 역청재료의 양은 계산식으로 구하든가 또는 관찰에 의해 구해도 된다.

(1) 골재의 입도

상온혼합식공법의 골재입도의 표준 예는 표 4.66과 같다. 최대입경은 19mm 또는 13mm로 한다.

(2) 역청재료의 사용량

역청재료의 사용량을 계산식으로 구하는 경우에는 다음 식에 의한다.

$$\text{아스팔트유제량} : P = 0.06a + 0.12b + 0.2c \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{커트백아스팔트량} : P = 0.02a + 0.09b + .22c \dots\dots\dots(2)$$

여기서, P : 혼합물중량에 대한 역청재료의 중량백분률(%)

a : 2.5mm 체에 남는 골재의 중량백분률(%)

b : 2.5mm 체를 통과하고, 0.075mm 체에 남는 골재의 중량백분률(%)

c : 0.075mm 체를 통과하는 골재의 중량백분률(%)

역청재료의 사용량을 관찰에 의하여 결정할 경우에는 표 4.66의 사용량의 범위로 만든 혼합물을 적당한 크기의 금속성 실린더(Cylinder)에 넣어서 충분히 다져서 그 혼합물의 표면에 과잉역청재료가 나타나는지 또는 부착경화상태를 보아 정한다.

주) 사용재료를 검토할 필요가 있을 경우에는 결정한 아스팔트량으로 마찰안정도시험을 하여 안정도가 300kgf이상임으로 확인한다.

표 4.66 상온혼합물의 표준배합

혼합물의 종류 체의 호칭치수(mm)		아스팔트유제혼합물		커트백아스팔트혼합물
		조립형	밀입형	
체의 통과 중량 백 분 률 (%)	25	100	100	100
	19	95 ~ 100	95 ~ 100	95 ~ 100
	13	70 ~ 100	80 ~ 100	90 ~ 100
	5	35 ~ 55	50 ~ 70	65 ~ 80
	2.36	20 ~ 35	35 ~ 50	45 ~ 60
	0.6	8 ~ 20	14 ~ 26	22 ~ 37
	0.3	5 ~ 15	8 ~ 18	11 ~ 26
	0.15	2 ~ 10	3 ~ 11	5 ~ 15
0.075	0 ~ 4	0 ~ 5	2 ~ 8	
역청재료의 종류와 개략사용량(%)	아스팔트유제	7.0 ~ 8.5	8.0 ~ 9.5	-
	커트백 아스팔트	-	-	5.5 ~ 7.5

주) 1. 표중에서 역청재료의 사용량이란 역청재료 그 자체 량이고 잔류 아스팔트량이 아니다.

2. 아스팔트유제를 사용할 경우에는 원칙적으로 채움재(Filler)는 사용하지 않는다.

다만, 한랭지에서는 타이어체인(Tire chain)을 고려해서 사용하는 수가 있다.

3. 커트백 아스팔트를 사용할 경우에는 채움재를 적당량 사용하는 것이 좋다.

## 다) 침투식공법의 설계

### (1) 역청재료

기층에 사용하는 역청재료는 스트레이트아스팔트, 유화아스팔트, 커트백아스팔트 및 포장타르 등이다.

- ① 스트레이트아스팔트는 침입도 85~150범위로 교통량, 시공시의 기온 등에 따라서 선정 한다. 온난한 시기에는 85~100, 100~120, 한랭한 시기에는 100~120, 120~150, 150~200으로 하며 그 지방에서의 경험으로 결정하는 것이 바람직하다.
- ② 유화아스팔트는 침투용의 것으로 RS(C)-1, RS(A)-1을 사용하고 특히 동기에는 RS(C)-2, RS(A)-2 을 사용한다.
- ③ 커트백아스팔트는 MC-800, 3000, RC-800,3000을 사용한다. 이중 상온에서 점도가 높은 것을 살포할 경우에는 포설온도가 될 때까지 가열해야한다.
- ④ 포장타르는 온난한 지방에서는 C-1,2, 한랭한 지방에서는 A, B-4,5가 사용된다.

주) 1. 역청재료의 규격은 표1을 참조할 것

2. 스트레이트 아스팔트를 사용할 경우는 기온 10℃이하, 유화아스팔트, 커트백아스팔트를 사용할 경우는 7℃이하에서 시공하면 좋은 결과를 얻을 수 있다.
3. 한랭한 시기에는 고농도카치온유제를 사용하면 결과가 좋다.
4. 스트레이트아스팔트, 커트백아스팔트는 골재와의 부착을 좋게 하기 위하여 박리방지제를 첨가하면 효과가 있다. 커트백 아스팔트인 경우에는 특히 유효하다.
5. 중질유를 가한 플럭시(Flux)한 아스팔트는 스트레이트아스팔트보다 골재와의 부착성이 좋고 작업성이 좋다.

표 4.67 설계예

(100m<sup>2</sup> 당)

구분		역청재		유 화		커 트 백		포장타르	
		아스팔트		아스팔트		아스팔트			
포 장 두 겹		5	7	5	7	5	7	5	7
골	60 ~ 40 m <sup>3</sup>	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	역청재료 ℓ	230	230	250	250	250	250	250	250
재	40 ~ 30 m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
	역청재료 ℓ	-	-	-	-	-	-	-	-
치	30 ~ 20 m <sup>3</sup>	1.5	2.0	-	3.0	1.5	3.0	1.5	3.0
	역청재료 ℓ	130	200	-	200	140	220	140	220
수	20 ~ 13 m <sup>3</sup>	-	1.5	1.5	1.5	-	1.5	-	1.5
	역청재료 ℓ	-	120	200	200	-	120	110	120
(mm)	13 ~ 5 m <sup>3</sup>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	역청재료 ℓ	100	100	150	150	110	110	110	110
	5 ~ 2.5m <sup>3</sup>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
골재사용량(m <sup>3</sup> )		8.0	11.0	8.0	11.0	8.0	11.0	8.0	11.0
역청재료사용량(ℓ)		460	650	600	800	500	700	500	700

- 주) 1. 표에는 프라임코우트 또는 쉘코우트에 요하는 재료를 포함치 않는다.  
 2. 표의 수량은 손실량을 포함하지 않는다.

(2) 골재

골재는 단입도의 부순돌을 사용한다. 부순돌의 입형이 나쁘면 부순돌이 서로 적당하게 맞물리지 않으므로 입형에 대해서 주의해야 한다. 특히 부순자갈은 4.75mm 체에 남는 것 중에서 중량으로 75%이상이 적어도 2면의 파쇄면을 갖는 것이라야 한다. 부순돌은 역청재료와의 접촉이 중요하므로 특히 표면이 깨끗해야 한다. 전압으로 부순돌이 부숴지면 역청재료가 접촉하지 않는 면이 생기고, 역청재료의 침투를 방지하게 되므로 석질은 강경하고 쉽게 부서지지 않는 것을 사용해야 한다. 또 흡수량이 적은 재질을 사용하는 것이 바람직하다.

골재의 치수 및 사용량의 설계 예는 표45와 같다.

- 주) 스트레이트아스팔트량을 사용할 경우에는 부순돌과의 부착을 좋게 하기위하여 부순돌을 경유 등으로 처리해두면 유효하며 경유의 사용량은 살포아스팔트의 약 10%가적당하다.

## 다. 특수한 포장

### 1) 특수장소의 포장

#### 가) 교면포장

교면포장은 특히 교통하중에 의한 충격, 빗물, 기타의 기상조건 등으로부터 교량의 슬래브를 보호하는 동시에 교통차량의 쾌적한 주행성을 확보해야 한다. 교면을 포장할 경우 특히 주의할 사항은 다음과 같다.

설계면에서;

- ① 포장은 교량슬래브와의 접착성이 좋은 반복 휨응력의 작용에도 충분히 견디어야 한다.
- ② 강슬래브나 PC슬래브 등에서는 우수 등의 침투가 교량의 내구성을 심하게 약화시키므로 방수성에 대해서 충분히 고려하고, 내유동성도 충분히 고려해야 한다.
- ③ 슬래브와 같이 강성이 큰 판위에 있는 혼합물은 유동을 하기 쉬우므로 슬래브위의 포장은 특히 내유동성이 좋아야 한다.
- ④ 물보라를 직접 맞거나 동결방지제를 대량으로 살포하는 교량 등의 콘크리트 슬래브에서는 염화물의 침투에 의해 슬래브의 내하력 및 내구성에 악영향을 미치는 일이 있기 때문에 방수층의 설치를 검토해야 한다.

시공 면에서;

- ① 콘크리트슬래브 등의 표면 요철이나 강슬래브위의 볼트 및 리벳 등으로 포장 두께가 불균일하게 될 수 있기 때문에 레벨링층을 겸한 기층의 설치를 검토해야 한다.
- ② 슬래브 줄눈부의 평탄성이 좋지 않으면 교통하중에 의하여 큰 충격력을 받아 단기에 균열이 발생할 수 있으므로 충분히 주의해야 한다.
- ③ 신축장치부 및 교량접속부 부근에서는 다짐이 부족되기 쉽고 공용 개시 후 교통하중에 의해 침하되어 단차가 발생하는 경우가 있으므로 다짐에 주의해야 한다.
- ④ 신축장치가 이미 설치되어 있는 경우에는 신축장치보다 약간 높게 (2~3mm) 마무리하고 포설 후에 신축장치를 설치하는 경우에는 설치할 때 포장을 절단해서 신축장치의 높이를 조정하는 것이 좋다.
- ⑤ 슬래브포장과의 접착성은 내구성 및 내유동성보다 중요하기 때문에 표면처리, 접착층의 시공 및 재료선택에 신중해야 한다.

#### (1) 교면포장의 종류

교면포장에는 가열아스팔트 혼합물, 구스아스팔트 혼합물, 고무혼입아스팔트 혼합물, 에폭시수지 혼합물 등이 있으며 이들은 일반적으로 모든 슬래브에 사용된다. 기타 유화 아스팔트나 특수 결합재료를 사용한 혼합물에 의한 포장이 쓰이는 경우도 있다.

포장은 요철의 영향을 고려해서 2층으로 마무리하는 것이 바람직하고 그 두께는 6~8cm가 표준이다. 표층은 3~4cm로 시공되는 경우가 많고 기층은 슬래브의 요철등



의 영향을 고려해서 표층보다 두껍게 포장하는 경우가 있다.

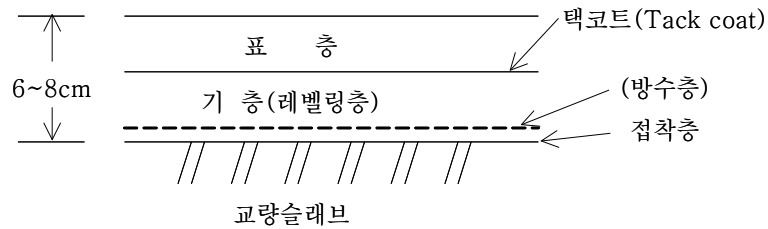


그림 4.40 교면포장의 표준적인 단면

표층에는 밀입도아스팔트 혼합물, 밀입도꺾아스팔트 혼합물, 세립도꺾아스팔트 혼합물 등을 사용하고 기층에는 콘크리트 슬래브의 경우 조립도아스팔트 혼합물, 밀입도아스팔트 혼합물 등을, 일반적으로 강슬래브인 경우에는 구스아스팔트혼합물을 사용하는 경우가 많다.

포장의 종류는 교통조건이나 내마모성을 갖는 혼합물을 선정하여 열가소성수지아스팔트 등의 유화 아스팔트를 사용하는 것이 좋다. 이 경우 온도관리 등에 주의해서 시공해야 한다.

### (2) 접착층

접착층은 슬래브와 방수층 또는 포장과를 부착시켜 일체화 시켜주도록 설치하는 층이며 용제형의 고무계 접착제등을, 콘크리트슬래브에서는  $0.4 \sim 0.5 //m^2$  정도를 도포 또는 살포한다.

### (3) 방수층

콘크리트슬래브위의 방수층에는 시트(Sheet)계방수층, 도막계방수층, 포장계방수층의 3종류가 있다. 방수층을 설치할 경우 방수층위에 투입한 우수 등으로 포장이 손상되지 않도록 배수시설을 설치해야 한다. 강슬래브위에 설치하는 방수층이라는 것은 강슬래브의 부식을 방지하기 위하여 설치하는 차단층을 말한다. 일반적으로 구스아스팔트혼합물을 기층에 이용하는 경우에는 방수층을 설치하지 않는다.

### (4) 택코우트

택코우트(Tack coat)는 밀층과 그 위에 포설하는 아스팔트혼합물과의 접착성을 높이기 위하여 서리하는 층으로 유화아스팔트나 고무혼입 유화아스팔트를  $0.1 \sim 0.3 //m^2$ 정도 살포한다. 구스아스팔트 혼합물을 중간층에 사용할 경우의 사용량은  $0.3 //m^2$ 정도가 좋다. 살포량이 많을 경우에는 양생시간이 길어지며 장래 유제중의 과잉아스팔트가 혼합물의 안정성에 영향을 끼치는 수가 있으므로 주의해야 한다.

## (5) 줄눈

줄눈은 포장과 구조물과의 접촉부에서 우수 등의 투입을 방지하고 포장 및 슬래브를 보호하기 위해서 설치한다. 포장이 가열아스팔트 혼합물의 경우에는 구조물과의 접촉면에 처음부터 주입 줄눈재를 충전하든가 가열아스팔트혼합물로 용이하게 용착하는 형식의 성형줄눈재를 사전에 설치한다. 구스아스팔트 혼합물은 고온으로 유입하므로 고도저하에 따라 체적이 수축해서 구조물과의 접촉면에 틈이 생기기 쉬우므로 성형줄눈재를 처음부터 이 부분에 설치한다.

### (나) 보도포장

보도포장에는 일반적인 보도포장과 교량의 보도부분 포장이 있다. 어떤 보도부의 포장이라도 물이 고이지 않도록 또 미관이나 공용성에 대해서 고려함과 동시에 하중조건은 예상이상으로 많으므로 이 점도 고려할 필요가 있다. 따라서 보도포장에서는 미관과 더불어 노면의 평탄성, 내구성 및 보행에 대한 내마모성과 미끄러지지 않게 하는 것이 중요하다.

#### (1) 일반보도의 포장

##### (가) 가열 아스팔트 혼합물에 의한 포장

보조기층으로서의 막갯 부순돌 또는 입도조정 부순돌을 6~10cm 정도의 두께로 깔고 그 위에 가열아스팔트혼합물을 3~4cm 두께로 포설한다. 가열아스팔트혼합물의 배합설계에서는 보행에 대해서 미끄러지지 않고 충분한 내압성을 갖도록 재료 및 배합에 주의해야 한다. 또 시공에서는 다짐이 쉬운 것을 사용한다.

##### (나) 보도용 블록에 의한 포장

보도용 블록으로는 KS F 4001에 규정한 보도용 콘크리트 슬래브, 기타 아스팔트 블록이나 포석, 목괘, 벽돌 등이 있다.

#### (2) 교량보도부분의 포장

##### (가) 가열 아스팔트 혼합물에 의한 포장

보도부분이 콘크리트 슬래브위인 경우에는 가열 아스팔트 혼합물에 의한 포장을 한다. 보도부분이 강 슬래브 위인 경우에는 방수를 고려해서 구스아스팔트에 의한 포장을 할 경우가 많다. 가열 아스팔트 혼합물을 사용할 경우에는 방수층을 설치하는 것이 바람직하다.

##### (나) 각종 블록에 의한 포장

일반적으로 교량의 보도부분은 전압하기 어려우므로 각종블록으로 포장하는 경우가 많다.

(다) 특수 결합 재료에 의한 포장

강 슬래브 보도부분에서 포장 면을 착색하거나 미끄럼 방지효과를 위한 특수한 성질이 요구되는 경우에는 비닐계수지(아크릴 수지 등), 열경화성수지(에폭시수지, 우레탄수지) 등의 특수 결합 재료를 사용하여 강 슬래브 면에 얇게 포장한다.

다) 길 어깨 포장

길 어깨는 농로를 보호하기 위해 설치하는 것으로 포장구조는 원칙적으로 차도의 포장보다 간이 한 구조로 하는데 길 어깨의 차도에 접속하는 부분 중에서 폭 25cm이상은 차도와 같은 구조로 하는 것이 좋다.

라) 기타

터널재의 포장인 경우에는 노상에 해당되는 부분이 암반인 경우가 있다. 이 경우에는 요철두께 10cm이상의 빈배합 콘크리트로 정정한 후 아스팔트혼합물을 건설한다.

1) 특별한 대책

가) 내 유동성대책

대형차교통량이 많은 농로에서는 노면에 바퀴자국이 생기기 쉬우므로 특히 내유동성에 대해 검토한 혼합물을 표층과 중간층에 사용한다.

(1) 역청재의 검토

내유동포장용의 역청재료에는 다음 조건을 만족시킬 수 있어야 한다.

- ① 포장표면이 하기의 일중최고온도(약 60℃)에는 유동저항성이 가능한 한 클 것
- ② 혼합 및 포설이 심하게 곤란하지 않을 것
- ③ 저온 시에서도 포장용 역청재료로서의 성질을 충분히 유지할 것

(2) 배합설계

혼합물은 표42의 ② 밀 입도아스팔트혼합물(19, 13), ④ 밀입도 깎아스팔트혼합물(13)내에서 선정한다. 일반적인 내 유동성혼합물의 배합설계에서는 다음사항에 주의해야 한다.

- ① 골재의 입도는 중앙값을 목표로 하여 0.075mm체 통과 분을 적게 할 것
- ② 마찰 안정도는 75회 다져서 750kgf 이상, (안정도/흐름값)은 25이상일 것
- ③ 0.075mm 체 통과분중 플랜트의 회수더스트분은 30%를 초과하지 않도록 할 것  
최적 아스팔트량을 구하고 휠트랙킹 시험에 의하여 동적안정도(DS)를 구한다. DS의 목표 값은 교통량, 주행속도, 기상 조건 등을 고려해서 1,500~5,000회/mm 정도를 목표로 한다. 휠트랙킹 시험결과 소정의 DS가 되지 않을 경우에는 다음과 같은 방법으로 배합설계를 반복한다.

- ① 2.36mm 체 통과량을 감소시켜 하한 값에 접근시킨다. 동시에 0.075mm 체 통과량을 감소시킨다.
- ② 사용하는 역청재료를 재검토하여 높은 DS를 얻을 수 있는 역청재료로 교체한다. 이 경우는 역청재료의 종류에 따라 최적 아스팔트량의 값으로 변하므로 주의해야한다.

나) 미끄럼방지대책

곡선 부, 언덕길, 시거가 부족한 곳, 철도 등의 근접구간, 교통사고다발장소, 교차점에서 보행자가 많은 횡단보도 앞부분 등에서는 미끄럼 방지대책을 강구할 때가 있다. 포장노면이 미끄러지는 성질은 주로 골재와 타이어 사이의 미끄럼저항을 높이는 공법, 노면에 경질골재를 살포 접촉시키는 공법 등이 있다.

(1) 혼합물자체의 미끄럼저항성을 높이는 공법

「2. 아스팔트 혼합물의 배합설계」에서 언급한 혼합물의 배합설계에서 골재의 이부 또는 전부를 경질골재를 사용하여 역청재료로 골재를 강하게 접촉시키는 유화아스팔트를 사용하는 공법이다. 또 부설직후의 혼합물표면에 경질골재를 살포한 후 전압하는 공법도 있다. 이 때 다른 골재는 경질사암 등 미끄럼저항성을 고려한 골재를 사용한다.

(2) 노면에 경질골재를 살포 접촉시키는 공법

부설직후의 혼합물표면에 경질골재를 살포하여 전압하는 공법 또는 결합재로 수지계 재료를 사용하여 접촉시키는 공법이 있다. 골재로는 「마의 특수재료」의 경질재료 중 입경이 3.3~1.0mm 범위내의 것을 사용하나 5mm의 골재를 사용하기도 한다. 수지계의 결합재는 에폭시수지 등을 사용한다. 에폭시수지는 변성의 방법에 따라 여러 종류가 있으며 그 성상에도 다소의 차이가 있고, 노면에 대한 접촉력이 강하고 경화시간이 6시간이내로서 경화후의 성상으로 충분한 인장강도와 신장률을 갖는 것을 선정한다. 시공은 일반적으로 건조한 노면을 청소한 후 에폭시수지를 1.5kgf/m<sup>2</sup>을 표준으로 하여 도포하고 그 위에 골재를 7kgf/m<sup>2</sup>을 표준으로 살포하되 기온이 5℃이하인 경우 시공해서는 안된다. 에폭시 수지가 경화한 것을 충분히 경화한 것을 확인한 후 고착하지 않는 골재를 제거하여 교통을 개방한다. 또 아스팔트포장 시공직후에 시공하면 박리하는 경우가 있으므로 교통개방 후 3주 이후에 시공하는 것이 좋다.

다) 내 마모대책

적설한랭지역이나 노면의 동결이 염려되는 곳에서는 타이어체인이나 스파이크타이어(Spike tire)로 인한 노면의 마모가 심하므로 적설 한빙지역에서는 마모에 대하여 견딜 수 있는 혼합물을 표층에 사용하는 것이 필요하다. 기타의 혼합물로서는 구스아

스팔트혼합물, 롤드아스팔트 혼합물이 사용된다.

(1) 재료 및 배합

일반적으로 아스팔트혼합물의 내마모성은 다음 요인에 따라 지배된다.

(가) 아스팔트량

아스팔트량이 많을수록 내마모성은 좋아진다.

(나) 골재

골재가 강경할수록, 마모감량이 적을수록 내마모성은 좋아진다.

(다) 아스팔트의 종류

저온 시에 부서지지 않고 골재의 접촉이 큰 아스팔트가 바람직하며 아스팔트로서 이 조건을 만족시키는 것으로 유화 아스팔트가 있다. 또 내마모용혼합물은 아스팔트량이 많아지므로 여름철의 내유동성에 대해서도 고려해야 한다. 입도는 표 4.64의 ⑤ 밀입도 아스팔트콘크리트(19F, 13F), ⑥의 세립도 갭 아스팔트콘크리트(13F), ⑦의 세립도 아스팔트콘크리트(13F), 밀입도 갭 아스팔트콘크리트(13F) 중에서 선정하고 골재도 내마모성이 우수한 것을 사용한다. 배합설계는 구해진 배합의 혼합물에 대하여 라벨링(Ravelling)시험을 하면 된다. 또 시공에서는 충분한 밀도를 얻을 수 있도록 다짐해야 한다.

3) 특수공법

가) 구스아스팔트 포장

구스아스팔트 혼합물은 스트레이트 아스팔트에 정제트리니다드 아스팔트 또는 열가소성수지 등의 유화재를 혼합한 아스팔트와 굵은 골재, 잔골재 및 플라이애쉬를 배합하여 플레이트에서 혼합한 후 계속시공이 가능한 작업성(유동성)과 안정성을 얻을 수 있도록 쿠키(Cooker)에서 혼합물을 고온(200~260℃)에서 가열, 교반, 혼합한 것이 일반적이다. 포장의 시공에서는 전용 피니셔로 마무리하고 롤러의 다짐은 필요치 않다. 이 공법에 의한 포장은 불투수성으로 방수효과가 크고, 휨에 대한 적응성이 높으므로 강슬래브포장 등의 교면표장에 사용한다. 구스아스팔트는 공극이 없으므로 품질은 사용하는 역청재료의 영향을 받기 쉬워 여름철의 고온시에 시공할 경우에는 유동저항성이 커지도록 사용 역청재료의 선정에 주의해야한다.

## (1) 재료 및 배합

### (가) 아스팔트

아스팔트는 시공성의 개선이나 고온시의 유동저항성 등을 고려해서 스트레이트 아스팔트(일반적으로 침입도 20~40)에 정제 트리니다드(Trinidad) 아스팔트를 가한 것을 사용한다.

주) 정제트리니다드 아스팔트는 20~30%정도 사용한다. 혼합후의 아스팔트의 연화점은 60℃이상이 바람직하다.

### (나) 골재

골재는 일반적으로 부순 돌 및 모래를 사용하고 필러(Filler)는 석회암 분말을 사용한다.

### (다) 배합

각 골재의 배합비는 표 4.68을 표준으로 한다. 설계 아스팔트량은 표 4.68과 같은 아스팔트량의 범위로 혼합물을 만들어 유동성시험 및 관입량 시험을 하여 결정한다. 이들 시험 기준값은 표 4.69와 같다.

주) 대형차량교통량이 많고 특히 유동되기 쉬운 장소에 사용할 경우의 관입량은 2이하를 목표로 한다.

### 나) 롤드 아스팔트포장

롤드 아스팔트포장은 모래, 석분(필러) 및 아스팔트로 구성되는 아스팔트모르터에 비교적 단입도인 굵은 골재를 일정량 혼입한 불연속입도의 혼합물이다. 혼합물의 구성은 아스팔트 모르터가 기본이 되고 굵은 골재의 혼입비율은 포장의 두께에 따라 결정한다. 굵은 골재가 40%이하인 혼합물은 아스팔트를 프리코팅한 부순 돌을 칩핑(Chipping)해서 안정성을 높이고 미끄럼저항성을 확보한다.

롤드 아스팔트 포장은 미끄럼저항성, 내구성, 수밀성 및 내마모성이 우수하고 명색화도 가능하므로 적설한랭지역이나 산악지역의 농로에 사용하는 일이 많다.

표 4.68 구스아스팔트 혼합물의 표준배합

체	통과중량백분율(%)
13mm	100
4.75mm(No.4)	65 ~ 85
2.36mm(No.8)	45 ~ 62
0.60mm(No.30)	35 ~ 50
0.30mm(No.50)	28 ~ 42
0.15mm(No.100)	25 ~ 34
0.075mm(No.200)	20 ~ 27
아스팔트량 (혼합물전량에 대한%)	7 ~ 10

표 4.69 표준관입량, 유엘점도, 유동성 및 관입량기준값

관입량(40℃, mm)	표층 1 ~ 4
	기층 1 ~ 6
유엘유동성	온도범위(℃) 200 ~ 260
	점도 (SEC) 3 ~ 20

(1) 재료 및 배합

일반적으로 역청재료로서는 침입도 40 ~ 60, 60 ~ 80의 스트레이트아스팔트를 이용하지만 중교통의 농로로서 유동이 예상되는 곳에서는 정제트리니다드 아스팔트 등에 의하여 내유동성을 개선한 유화아스팔트를 사용하며 혼합물의 배합 예는 표 4.48과 같다. 이때 포장두께에 의하여 굵은 골재를 선정한 후 표 4.70에 따라 아스팔트량, 잔골재량 및 No.200체통과분 양을 결정한다. 프리코팅한 칩핑재료는 19mm의 것을 8 ~ 12kgf/m<sup>2</sup> 정도 살포하여 전압해서 마무리한다.

표 4.70 롤드 아스팔트 혼합물의 배합 예

배합분류	포장두께 (mm)	중량백분율(%)			
		굵은골재 (2.36체잔류)	잔골재	아스팔트	필러 (0.075체통과량)
A	25	0	76.7	10.3	13.0
	35	15	64.9	9.1	11.0
	40	30	53.2	7.9	8.9
	45	40	45.4	7.1	7.5
	50	55	33.7	5.9	5.4
B	25	0	75.2	10.8	14.0
	35	15	63.4	9.6	12.0
	40	30	51.7	8.4	9.9
	45	40	43.9	7.6	8.5
	50	55	32.2	6.4	6.4

주) A : 일반지역 B : 적설한랭지역 및 산악지

#### 다) 반강성포장

반강성포장은 아스팔트포장의 휨성과 콘크리트포장의 강성 및 내구성을 복합적으로 활용하려는 것이다. 공극이 큰 배합은 아스팔트포장 시공후 그 공극에 시멘트를 주체로 하는 침투용 시멘트페이스트를 침투시키는 공법이고, 대상으로 하는 층의 전층에 침투시키는 전침투형과 표면에서 일부의 두께만 침투시키는 반 침투형이 있다. 반강성포장은 내유와 내유동성이 크고, 침투용 시멘트페이스트가 표면을 피복하고 있어 백색에 가까운 명색포장이 되므로 교차점부근 및 터널 내 등에 적용된다. 그러나 미끄러지기 쉬우므로 시공 시 주의해야 한다.

#### (1) 배합 및 시공

침투용 시멘트페이스트는 시멘트, 포졸란, 모래 등을 주체로 해서 구성되고 첨가 재료는 수지에 멀존, 고무라텍스(Latex), 유화 아스팔트 등이 있다. 착색을 할 경우에는 플라이애쉬나 포졸란 대신에 석회석말을 사용하고 미끄럼 저항을 증대시킬 경우에는 규사를 사용하는 수도 있다. 유화 아스팔트 혼합물의 입도는 개발회사에 따라 약간씩 다르나 최대입경 19mm이고 No.8체통과량 5~20%가 대부분이며 공극율은 반침투형에서 15~19%, 전 침투형에서 20~25%이다. 사용되고 있는 입도의 예는 표 4.71과 같고, 마찰 시험 목표치의 예를 들면 표 4.72과 같다. 표 4.71을 기준으로 한 아스팔트 혼합물을 포설하여 포장의 온도가 40℃정도로 저하한 후 침투용 시멘트페이스트를 살포한다. 이 경우 고무레이크 등으로 침투용 시멘트페이스트를 부설해서 진동롤러로 침투시키고 침투용 시멘트페이스트의 살포량은 침투깊이에 의하며 일반적으로



4 ~ 12ℓ/m<sup>2</sup>이다. 시공 후 2~3일 양생하여 교통을 개방한다. 또 속경성인 시멘트를 이용하면 수 시간 양생 후 개방할 수가 있다.

표 4.71 모체 아스팔트혼합물의 표준배합

종류		I	II	III(반침투식)	IV(전침투식)
시공두께(mm)		3~5	4~5	3~5	3~5
페이스트살포량(ℓ/m <sup>2</sup> )		4~5	5~6	4~5	4~6
최대입경(mm)		13	19	13	19
통과 중	25	—	100	—	100
	19	100	90~100	100	90~100
	13	90~100	50~70	95~100	50~90
	No. 4	25~40	20~35	20~45	15~40
	No. 8	15~20	15~25	10~25	5~20
	No. 30	8~15	5~15	—	—
	No. 50	5~10	4~10	3~12	3~12
N0.200		2~5	2~5	0~6	0~6

표 4.72 마살 시험 목표치

항목	형	반 침 투 형	전 침 투 형
	공극률(%)		15이상
안정도(kgf)		250이상	
플로우값(1/100cm)		20~40	

#### 4) 특수포장

##### 가) 투수성 포장

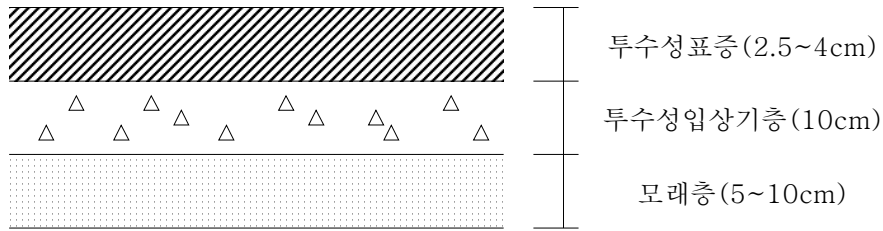
주로 강우 시에 노면배수를 양호하게 하고 보도에서 보행에 불편을 없게 하기 위하여 10<sup>-2</sup>cm/s 정도의 높은 투수계수를 가지는 아스팔트 혼합물로 포장하는 것이다. 이런 종류의 포장에서는 가로수의 보호육성 때문에 우수의 지하유도 기대된다. 이와 같은 포장을 투수성포장이라 한다. 투수성포장의 배수기능은 포장공극내의 저류, 노상으로의 침투, 중횡단방향으로의 유하 등에 의존하며 적용에서는 다음사항에 주의해야 한다.

- ① 투수성포장에 사용하는 아스팔트 혼합물은 공극률이 크고, 세립분이 적어서 재료

의 선정, 배합 및 시공에서 충분한 주의를 해야 한다.

- ② 중단기울기가 큰 급기울기에 적용하면 기울기의 하부에서 보조기층재료, 모래 등의 분출현상을 나타내므로 적용 장소의 선정에 주의해야 한다.
- ③ 사용개시 후 먼지, 토사 등으로 공극이 메워져 투수의 기능이 저하되므로 정기적으로 유지관리가 필요하다. 주변의 토사가 유입하는 장소에서는 포설이 적당하지 않다.

보도용 투수성포장의 표준적인 단면(예)은 그림 4.41과 같다.



노상

그림 4.41 보도용 투수성포장의 표준적 단면(예)

주) 모래층은 노상으로 물이 침투할 때 노상이 파이지 않도록 한 것인데 기층시공시의 시공기준이 되기도 한다.

(1) 재료 및 배합

(가) 표층재료

표층에 사용하는 재료는 「4.4.2 재료」에 기술한 것을 사용하며 혼합물의 내구성을 높이기 위하여 유화 아스팔트를 사용하는 경우도 있다.

(나) 보조기층 및 기층재료

보조기층 및 기층재료는 막부순 돌 또는 단입도 부순 돌을 사용한다.

(다) 배합

투수성포장용 아스팔트 혼합물의 표준배합은 표 4.73과 같다. 입도는 No.8체 통과분의 20%를 목표로 하여 배합설계를 한다. 또 혼합물의 마찰기준치의 표준은 표 4.74와 같다.

표 4.73 투수성 아스팔트 혼합물의 표준배합

체의 호칭치수(mm)		기 층 용	표 층 용
체의 통과 과중량 백분률 (%)	19	100	100
	13	90 ~ 100	95 ~ 100
	10	25 ~ 85	—
	No.4(4.75)	10 ~ 45	20 ~ 36
	No.8(2.36)	10 ~ 25	12 ~ 25
	No.50(0.3)	4 ~ 16	5 ~ 13
	No.200(0.075)	2 ~ 7	3 ~ 6
아스팔트량(%)		2.5 ~ 4.5	3.5 ~ 5.5

표 4.74 투수성 아스팔트 혼합물의 마찰기준치

항 목	층 별	표 층		기 층
		보 도	차 도	
안정도(kgf)		400이상	500이상	250이상
흐름값(1/100cm)		20 ~ 40		
공극률(%)		12이상		
포화도(%)		40 ~ 55		—
투수계수(cm/s)		1.0×10 <sup>-2</sup> 이상		

나) 착색포장

착색포장은 노면을 적, 녹, 황 등의 착색으로 다음과 같은 목적으로 사용하는 수가 있다.

- ① 농도의 기능향상, 차선명시 또는 도로의 분기점, 길어깨 등을 명시한다.
- ② 교통안전대책상 횡단보도, 사고다발지점, 터널내 등을 명시한다.
- ③ 미관상, 보도, 교면 등을 명시한다.

다) 명색포장

명색포장은 아스팔트 포장의 표층부분에 광선반사율이 큰 백색의 골재를 사용함으로써 노면의 명도를 높인 포장이다. 이것은 야간의 노면조명효과가 향상되고 일반

아스팔트 포장과 명확하게 비교되는 등의 효과와 노면이 백색이기 때문에 여름철에도 노면의 온도가 상승되지 않으므로 내유동성 효과가 기대될 수 있다. 이러한 특성을 고려하여 교차점, 농로의 분기점, 길어깨 및 측대부, 터널 또는 교면 등에 사용한다.

## 5) 특수재료

### 가) 정제 트리니다드 아스팔트

정제 트리니다드(Trinidad) 아스팔트는 트리니다드섬에서 생산되는 아스팔트를 정제한 것으로 가용역청분을 55%정도 포함하는 흑색의 고체이다. 트리니다드 아스팔트는 침입도 20~40 또는 40~60의 포장용 석유아스팔트를 20~30%정도 가한 것으로서 주로 구스아스팔트 및 롤드 아스팔트용 역청재료로 사용되고 있다.

### 나) 커트백 아스팔트

커트백 아스팔트는 침입도 60~150의 스트레이트 아스팔트로 추출범위 140 ~ 360℃의 휘발성의 석유유출용제를 혼합해서 액상으로 만든 것이다.

### 다) 특수결합재료

특수 결합 재료는 아스팔트계이외의 유기질 결합 재료를 총칭하는 것으로 에폭시수지, 아크릴(Acryl)수지, 우레탄수지, 석유수지, 및 기타 각종 석유화학제품의 수지가 포함된다. 이들 합성수지는 각종 재료의 성질을 변화시켜 휨성을 갖게 하여 사용되고 있으며 그 종류에 따라서 성질이 상리하다.

#### (1) 석유수지

석유수지는 나프타(Naphtha)의 열분해산물중 중합성이 강한 유분을 중합시킨 열가소성의 담황색 수지로서 주로 착색역청재료로서 사용되고 있다.

#### (2) 에폭시 수지

에폭시수지는 열경화성의 합성수지로 에폭시수지를 근간으로 하는 주재와 아민(Amine)계 화합물 등에 의한 경화제의 이액형으로 사용된다. 에폭시수지는 부착성, 강도, 처짐성 등도 양호하므로 경질골재에 의한 노면처리에서는 접착재료, 교면포장과 보도포장에서는 혼합물용 결합재로서 사용된다. 휨성은 에폭시수지에 대해서는 신장률 30%이상, 아민계에 대해서는 신장률 100%이상으로 구별해서 사용한다. 또, 내수성, 내유성 및 내마모성도 양호하며 착색이 가능하여 착색결합재로서도 사용된다.

#### (3) 아크릴수지

아크릴수지는 연질 아크릴폴리마(Acryl polymer)를 메타크릴산 메틸(MMA) 등을 용해시킨 액상수지이고, 촉매경화형의 합성수지이다. 경화속도가 빠르므로 겨울철 또

는 단시간 시공에 적합하다. 다만, 시공시의 노면온도는 40℃이러야 한다.

(4) 기타 특수결합재료

기타 여러 종류의 합성수지가 착색포장의 특수포장분야에서 사용되고 있다. 사용에 있어서는 수지의 특성에 맞는 사용법을 이용해야 한다.

가) 특수 골재

(1) 경질골재

경질골재는 연마저항, 미끄럼저항, 파쇄저항 등이 양호한 천연 또는 인공골재이다. 경질골재의 기준으로는 모스경고(Mohs hardness) 7이상, 로스엔젤레스 마모시험 20%이하를 목표로 한다. 천연산경질골재로서는 실리카샌드(Silica sand), 금강사(Emery), 규석 등이 있다. 인공적으로 제조한 경질골재로서는 보오크사이트를 소성한 것, 칼사인의 보오크사이트, 특수금속 또는 비금속을 제련할 경우에 부산되는 특수경질슬래그, 용융 알루미늄 등의 연마재 등이 있다. 인공경질골재는 표면이 연마되어도 결정상태가 복잡하고 항상 거친 면을 유지하고 있으므로 우수한 경질골재라 할 수 있다. 에메리 등의 경질골재의 물리적 성질의 일례는 표 4.75에 표시하였다.

(2) 명색골재 및 착색골재

명색골재는 아스팔트 포장노면을 밝게 하기 위한 것으로 일반적인 골재의 대용으로 사용되는 것으로서 천연산 또는 인공산으로 소성한 백색골재이다. 천연명색골재로서는 규석 등이 있다. 인공적으로 제조한 골재에 비교해서 빛의 반사율이 적으므로 명색효과는 크지 못하다. 인공골재로서는 규사, 석회 및 도로마이트를 용융하여 만들어진 유리의 일종인 백색골재 등이 있다. 명색골재는 명색포장에 쓰인다.

표 4.75 에메리(금강사) 등의 경질골재의 물리적 성질의 일례

항 목 \ 종 류	에 메 리	착색 자기질 골재
색 상	흑	황, 녹, 청, 백, 적갈색
겉보기 비중	3.10 ~ 3.50	2.25 ~ 2.50
흡수율(%)	0.5 ~ 2.0	2.0이하
마모(%)	10 ~ 15	20이하
모스경도	8 ~ 9	7
PH(수용액)	약산성	-

주) 흑색의 에메리와 무기안료를 같이 소성하여 표면을 코팅한 착색 에메리(벽돌색, 청색)도 있다.

착색골재에는 규석 등 백색의 골재표면을 인공적으로 착색한 것과 적당한 원재료

에 무기안료를 가해서 명색골재와 같이 인공적으로 소성하여 색을 내재한 골재를 분쇄한 것이 있다.

### (3) 포장 폐재에서 재생한 골재

재생골재는 기설포장을 굴착하였을 때에 생기는 폐재를 기계파쇄 또는 열파쇄하여 제조한 것이다. 재생골재를 사용하여 입상보조기층재료를, 재생가열 아스팔트 혼합물을 제조하여 포장의 표층, 기층 및 보조기층에 재이용된다.

### (4) 기타

아스팔트를 혼합하는데 따라 내유동성효과를 발휘하는 흡유성 골재 또는 동결방지골재가 있다. 무기질의 골재이외로는 고무칩 등 일정한 입도를 가진 분말이 보도 등의 포장용 탄성골재부여재로서 사용되고 있다.

## 4.4.4 콘크리트 포장

콘크리트 포장은 보조기층과 콘크리트슬래브로 구성되고 노상의 지지력과 계획교통량을 기본으로 설계해야 한다.

### 가. 포장단면의 설계

콘크리트포장은 그림 4.37과 같이 노상위에 보조기층 및 콘크리트슬래브의 순으로 구성되며 차도에 접속해서 길 어깨를 설치한다. 노상의 흠이 보조기층으로 침투하는 것을 방지하기 위하여 차단층을 노상의 일부로서 설치하는 경우도 있다.

#### 1) 보조기층의 설계

보조기층의 설계는 노상조건, 교통조건, 기후조건 및 경제성을 고려해야 한다. 하부보조기층 및 상부보조기층에는 일반적으로 표 4.76과 같은 재료를 사용한다.

표 4.76 보조기층에 사용하는 재료

재 료		하부보조기층으로 사용할 경우	일층 또는 상부보조기층으로 사용하는 경우
입상 재료	파쇄한 막자갈 막부순 돌 모 래 슬래그 등	◎	주 2
	입도조정 부순 돌	—	◎
	입도조정 슬래그 수경성 입도조정 슬래그	—	◎
안 조 정 기 층 처 리 재 보 료	시멘트 안정처리	○	◎
	석회 안정처리	○	주 3
	역청 안정처리	—	○
밀입도 아스팔트 혼합물(13)		—	◎(아스팔트 중간층)

주) 1. ◎는 보통 사용하는 재료이다.

2. 수정 CBR이 80이상, 0.425mm ( No.40)체 통과분의 PI(소성지수)가 4이하인 경우에는 사용해도 된다.
3. 상부보조기층의 일부로서 아스팔트 중간층을 설치하는 경우에는 사용해도 된다.
4. 입도조정 부순 돌, 시멘트 안정처리 보조기층재료, 석회안정처리 보조기층재료 및 역청안정처리 보조기층재료의 혼합방식에는 노상혼합방식 및 플랜트 혼합방식이 있다.
5. 본 표의 재료를 사용해서 만든 보조기층을 입도조정 부순 돌 보조기층, 시멘트 안정처리 보조기층이라 한다.

#### 가) 설계

보조기층두께는 노상의 지지력계수 또는 설계 CBR을 기초로 하여 설계한다. 동결융해를 받는 한랭 지방에서는 그 지역의 동결깊이를 구하여 지지력계수 또는 설계 CBR에서 구한 포장두께에 필요한 차단층 두께를 더한 것과 비교하여 동결깊이 쪽이 큰 경우에는 그 두께의 차만큼 동상을 일으키지 않는 재료로 치환한다. 이 부분을 동상방지층이라 한다. 동결 깊이를 알 수 없는 경우에는 「4.5.4의 동상치환 깊이」와 같은 방법으로 결정한다.

주) 1. 콘크리트슬래브의 설계에서는 지지력계수를 사용하는 것이 바람직하다. 그러므로 대 규모공사, 현도로 개량에서는 노상의 지지력계수를 사전에 측정하여 설계한다.

2. 일반적으로 설계지지력계수가 2이상 또는 설계 CBR이 2미만인 연약한 노상인 경우에는 치환공법에 따라 노상을 개량한다.
3. 노상이 암반인 경우에는 노상이 암반인 경우에 따른다.

(1) 지지력계수에 따른 보조기층두께의 설계

지지력계수에 따라 보조기층의 두께를 구하려면 보조기층면의 지지력계수가 IV교통에서는  $K_{30}=20\text{kgf/cm}^2$  이상, I, II-1, II-2, III교통에서는  $K_{30}=15\text{kgf/cm}^2$  이상, 0교통에서는  $K_{30}=10\text{kgf/cm}^2$  이상이 되도록 설계한다. 설계방법은 그림 4.42에 표시한 설계곡선을 사용하는 경우와 시험보조기층에 의하는 경우가 있다.

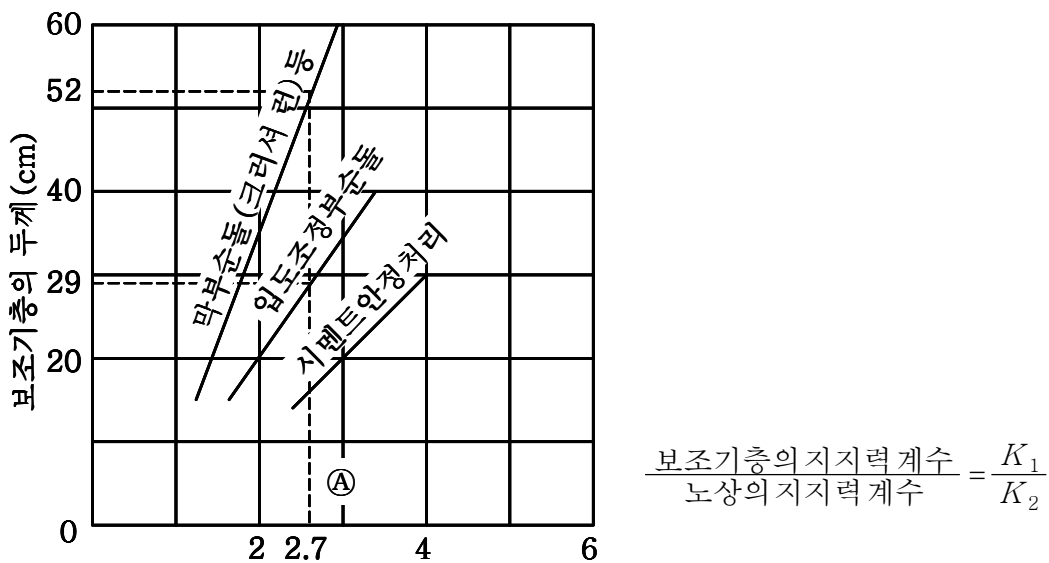


그림 4.42 보조기층 두께의 설계곡선(직경 30cm의 하중판을 사용할 경우)

설계에 사용하는 지지력계수는 거의 동일재료의 노상구간에 대해서 절토구간 3개소 이상 및 성토구간 3개소 이상의 실측치를 기초로 「2.2.3의 지질·토질조사」의 식 (2.3)에 따라 구한다. 그림 4.43의 사용방법은 다음과 같으며 계산된 보조기층두께는 5cm마다 절상해서 설계두께로 한다.

(예 1), 노상의 지지력계수를 6개소에서 측정하였는데, 9.6, 12.1, 11.3, 8.9, 6.6, 8.7 이었다. 교통량의 구분에 보조기층의 지지력계수를  $K_{30}=20\text{kgf/cm}^2$ 으로 하려고 한다.



$$\text{노상의 지지력계수} = 9.5 - \frac{12.1-6.6}{2.67} \approx 7.4$$

$$\frac{\text{보조기층의 지지력계수}}{\text{노상의 지지력계수}} = \frac{20}{7.4} = 2.7$$

막부순 돌 보조기층을 사용하면 그림 4.17의  $K_1/K_2 = 2.7$ 의 점 ㉔에서의 수직선과 막부순돌의 선과의 교점 52cm가 구해진다. 또 입도조정 부순 돌 보조기층을 사용한다면 같은 방법으로 29cm가 구해진다. 여기서 설계두께는 각각 55cm, 30cm로 한다.

(예 2) 노상의 지지력계수가 5.7이다. 하부보조기층을 막부순돌의 보조기층에서 20cm 두께로 하면  $K_1$ 을  $20\text{kgf/cm}^2$  로 하기 위해서는 상부보조기층으로서 입도조정 부순 돌의 보조기층의 두께는?

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{20}{5.7} = 3.5 \text{ 이므로}$$

그림 4.43에 의하여 종축 20cm에서 수평선을 그어서 막부순 돌 선과 교차시킨다. 이 점

㉔에서 입도조정 부순 돌의 선에 평행선을 그어서  $K_1/K_2=3.5$ 로부터 수직선과의 교점㉕가 구하는 51cm가 보조기층 두께가 된다.

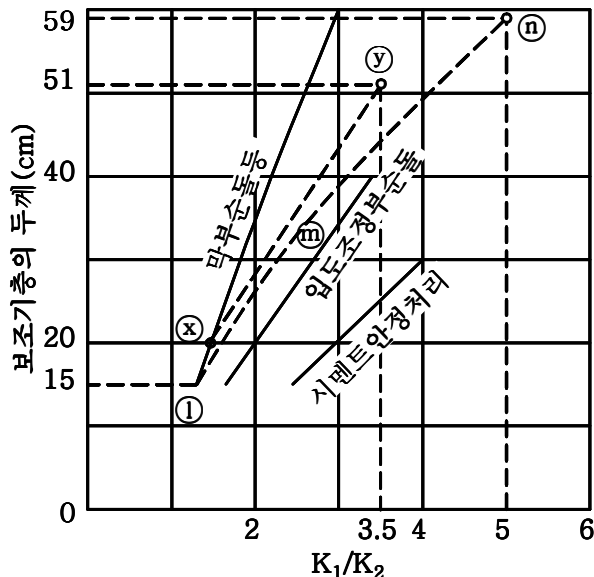


그림 4.43 보조기층을 2층으로 나눌 경우(하부보조기층과 상부보조기층)의 설계예

$$\text{상부보조기층두께} + \text{하부보조기층두께} = 51\text{cm}$$

$$\text{하부보조기층두께} = 20\text{cm}$$

$$\text{상부보조기층두께} = 51 - 21 = 31\text{cm} \rightarrow 35\text{cm}$$

가 되고 입도조정 부순 돌 보조기층 두께는 35cm가 된다.

(예 3) 노상의 지지력계수가 4.0이다. 막부순 돌, 입도조정 부순 돌, 시멘트 안정처리 보조기층재료를 사용하여 3층으로 하고, 막부순 돌 보조기층의 두께는 15cm, 입도조정 부순 돌 보조기층의 두께는 20cm로 하면 시멘트 안정처리 보조기층은 어느 만큼의 두께가 필요한가?

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{20}{4} = 5$$

우선 그림 4.43의 종축의 15cm에서 수평선을 그어서 막부순 돌의 교점을 ㉠이라 한다. ㉠에서 입도조정 부순 돌은 평행선을 그어서  $K_1/K_2=5$ 로부터 수직선과의 교점을 ㉡이라 한다. 다음에 ㉡에서 시멘트 안정 처리 선을 그어서 종축과 교차하는 점 59cm가 구하는 보조기층 두께이다. 그런데 시멘트 안정처리보조기층의 두께는  $59-20-15=24\text{cm} \rightarrow 25\text{cm}$ 가 된다.

- 주) 1. 노상의 지지력계수는 일반적으로 노상 마무리 면에서 측정해야 한다. 그러나 노상의 함수량 변화가 큰 장소에서는 계절적인 변동이 적다고 생각되는 면까지 파 내려서 측정한다.
2. 실제로 만들어진 보조기층의 지지력계수가  $15\text{kgf/cm}^2$  이상인 경우에는 일반적으로 설계를 변경할 필요는 없다.  $15\text{kgf/cm}^2$  이상일 경우에는 안정처리 등의 수반으로 설계변경을 검토한다.
3. 보조기층을 2층으로 설계할 경우에는 하부보조기층의 두께를 가정해서 상부보조기층을 구하면 된다. 또 계산된 보조기층의 두께가 15cm 미만인 경우에는 15cm를 설계두께로 한다.
4. 시멘트 안정처리 보조기층의 최소 두께는 15cm로 한다. 차단층위에 직접 시멘트 안정처리 보조기층을 시공하는 것은 시공 상 또는 구조상 문제가 있으므로 좋지 않다.
5. 아스팔트 중간층을 사용할 경우에는 아스팔트 중간층 4cm에 상당하는 두께로 한다. 일반적으로 입도조정 부순 돌 보조기층인 경우에는 10cm, 시멘트 안정처리보조기층인 경우에는 5cm의 두께를 감소해도 된다. 다만, 이 경우 감소 후의 두께가 15cm 미만인 경우에는 15cm의 보조기층위에 아스팔트 중간층을 설치하는 것이 바람직하다.
6. 시험보조기층은 현장의 상황에 따라 대표적인 장소를 선정해서 시행한다. 또 석회안정처리보조기층, 수경성 입도조정 슬래그 보조기층 등의 두께를 설계할 경우의 양생일수는 석회안정처리 보조기층에서 10일, 수경성 입도조정 슬래그 보조기층에서

14일을 표준으로 한다.

7. 노상의 설계지지력계수가 보조기층의 지지력계수 이상이 될 경우에는 노상상부 15cm의 재료의 품질을 시험하고 상부보조기층의 품질규격에 만족하지 않을 경우에는 15cm 두께의 보조기층을 설치하면 된다.

(1) CBR에 의한 보조기층 두께의 설계

노상의 CBR에 의하여 보조기층 두께를 설계할 경우에는 우선 노상토의 설계 CBR을 구하고, 그 설계CBR에 따라서 표 4.77의 값을 보조기층의 두께로 한다.

표 4.77 설계 CBR과 보조기층 두께의 관계(단위 : cm)

노상의 설계CBR 교통량의 구분	2	3	4	6	8	12이상	목표지지력 계수( $K_{30}$ )
L(o)교통	25	20	15	15	15	15	10
L(I, II-1, II-2), A(III)교통	50	35	25	20	15	15	15
B(IV), C, D 교통	60	45	35	25	20	15	20

- 주) 1. 표 4.77에 표시한 보조기층 두께는 입도조정 부순 돌 보조기층을 사용하였을 경우이다. 또한 하부보조기층과 상부보조기층으로 나눌 경우는 그림 4.18에 표시한 방법을 사용하면 좋다.
2. 노상이 깊이 방향으로 토질이 상이한 몇 개의 층을 이루고 있을 경우의 설계 CBR은 노상 면에서 깊이 1m까지의 평균 CBR을 사용한다.
3. 노상토의 설계CBR이 2이하의 경우에는 연약한 노상토로 취급하여 그 부분에 대해서는 특별한 설계를 하여야 한다.

나) 보조기층

보조기층에 사용하는 재료는 시공방법, 현장조건 및 경제성 등에 대하여 종합적인 비교 검토를 한 후에 결정하는 것이 좋다.

(1) 하부보조기층

하부보조기층에는 수정CBR이 20이상으로 0.425mm(No.40)체 통과분의 PI가 6이하의 입상재료를 사용하고 최대입경은 50mm이하로 하는 것이 좋다.

- 주) 1. 보조기층지지력의 확인 시험을 할 수 있는 경우나 과거의 실 예를 경험으로 내 구성이 확인되고 있는 경우에는 0.425mm체 통과분의 PI를 10이하로 해도 된다. 또 이때 0.425mm체 통과량이 10%이하인 재료는 PI가 15까지 사용할 수가 있다.

2. 실내시험에서의 밀도와 현장에서의 밀도가 크게 다른 재료(입도곡선이 위로凸한것 등)에 대해서는 현장밀도를 기초로 해서 적당한 다짐도를 결정하여 그 다짐도에 대한 CBR을 수정 CBR로 한다.
3. 수정 CBR이나 PI 규정에 적합하지 않은 재료나 자연함수비가 높고, 그대로는 최적함수비를 얻을 수 없는 재료라 해도 소량의 시멘트나 석회 등으로 안정 처리함으로써 소요의 품질을 얻을 수 있는 경우에는 사용할 수가 있다. 하부보조기층에 사용하는 시멘트 안정처리 보조기층재료의 배합은 6일 양생 1일 수침후의 일축 압축강도가 10kgf/cm<sup>2</sup>, 석회안정처리 보조기층재료의 경우는 9일 양생 1일 수침 후의 일축압축강도가 5kgf/cm<sup>2</sup>이 되도록 한다.
4. 최대입경은 부득이한 경우 1층 마무리두께의 1/2 이내로, 또한 100mm까지 허용된다.

## (2) 상부보조기층

상부보조기층에는 입도조정 부순 돌, 입도조정 슬래그, 수경성입도조정 슬래그, 시멘트 안정처리 보조기층재료 및 역청안정처리 보조기층재료 등을 사용한다. 시멘트 안정처리 보조기층재료에는 보통포틀랜드 시멘트, 고로 시멘트, 플라이 애시 시멘트 및 실리카 시멘트 중에서 사용하고 배합은 6일 양생 1일 수침 후의 일축압축강도가 20kgf/cm<sup>2</sup>가 되도록 한다. 상부보조기층에 입도조정 부순 돌 및 입도조정 슬래그의 입상재료를 사용할 경우에는 최대입경을 40mm이하로 하고, 수정 CBR은 80이상, 0.425mm체 통과분의 PI는 4이하라야 한다.

- 주) 1. 수정 CBR이나 PI가 규정에 적합하지 않는 재료라도 현장시험에 의하여 보조기층의 지지력이 확인되는 경우에는 수정 CBR이 45이상, 0.425mm 체 통과량이 10% 이하의 재료에는 PI를 10까지 사용할 수가 있다.
2. 시멘트안정처리 보조기층에 사용하는 재료는 입도가 좋고 PI가 낮은 재료를 안정처리하는 것이 일반적으로 경제적이다.
  3. 상부보조기층에 역청안정처리 보조기층재료를 사용할 경우에는 아스팔트 중간층을 설치하지 않는다.
  4. 상부보조기층에 석회안정처리 보조기층재료를 사용할 경우에는 아스팔트 중간층을 설치한다. 이 경우 석회안정처리 보조기층의 배합은 9일 양생 1일 수침 후의 일축압축강도가 10kgf/cm<sup>2</sup>이 되도록 한다.

## (3) 아스팔트 중간층

아스팔트 중간층은 차수 및 뒹뒹방지의 목적으로 사용하는데 보조기층의 최상부에 설치하며 일반적으로 두께 약 4cm의 아스팔트 혼합물을 이용한다. 아스팔트 중간층은 안정처리를 하지 않은 입상재료를 상부보조기층에 사용하는 경우에 특히 뒹뒹방

지를 위해 필요하다.

#### 다) 보조기층면

아스팔트 중간층이나 역청안정처리 보조기층이외의 보조기층 면은 아스팔트유제 등으로 프라이م 코우트를 해야 한다. 그 살포량은 시기에 따라 다르나 일반적으로 입상재료 보조기층의 경우  $1 \sim 2\ell/m^2$ , 시멘트 안정처리 보조기층인 경우는  $0.5 \sim 1.0\ell/m^2$  으로 한다.

- 주) 1. 프라이م코우트 후 작업을 용이하게 하려면 얇게 모래를 뿌리는 수가 있다. 이 경우  $2kgf/m^2$  정도 고르게 살포한다.
2. 입상재료 보조기층면에 부순 돌 더스트를 사용해서 바닥고르기를 하는 수가 있으며 이 경우에는 PI가 높은 부순 돌 더스트를 사용하지 않도록 주의해야 한다.
3. 아스팔트 중간층 및 역청안정처리 보조기층의 경우 석분 등을 표면에 도포해서 부착을 경감시키면 좋다. 석분의 경우에는 물과의 혼합비를 1:1로 해서  $3\ell/m^2$  정도가 표준이다.

일반적으로 보조기층면의 분리 막의 기능은 다음과 같다.

- ① 콘크리트슬래브의 온도변화 또는 습도변화에 따른 슬래브의 팽창작용을 원활하게 하도록 슬래브바닥과 보조기층 면과의 마찰을 감소시키기 위하여 설치한다. 이는 특히 슬래브가 경화중인 시공직후에 필요하다.
- ② 콘크리트중의 모르타가 공극이 많은 보조기층으로 손실됨을 방지한다.
- ③ 보조기층표면의 이물질이 콘크리트에 혼입됨을 방지한다.  
일반적으로 분리 막은 보조기층 면과 슬래브 면과의 사이에서 마찰저항이 구조적으로 필요한 연속배근콘크리트포장공법을 제외하고는 모든 공법에 사용한다. 또 보조기층 면에는 무근 콘크리트포장의 경우 콘크리트 포설 전에 비닐 (Polyethylene sheet)을 보조기층 면과 수평방향으로 포설하는데 그 이유는 다음과 같다.
- ① 콘크리트슬래브와 보조기층 간의 마찰을 줄여 건조수축이나 온도강하로 인해 콘크리트가 체적변화를 일으킬 때 저항을 줄여 줄눈 외에서 균열이 발생하지 않도록 한다.
- ② 콘크리트중의 모르타가 공극이 많은 보조기층으로 손실되거나 보조기층 표면의 이물질이 콘크리트에 혼입됨을 방지한다.
- ③ 균열 또는 줄눈을 통해 스며든 물이 보조기층 아래로 침투하는 것을 막는다.

#### 2) 콘크리트슬래브의 설계

콘크리트슬래브의 설계는 교통량의 구분과 설계기준휨강도에 따라 슬래브두께를 결정한다.

가) 콘크리트의 설계기준휨강도

콘크리트의 슬래브에 작용하는 콘크리트의 설계기준강도는 휨강도로 L(Ⅱ-2), A(Ⅲ), B(Ⅳ) 교통에서는  $45\text{kgf}/\text{c m}^2$  로하며 L(0, I, Ⅱ-1) 교통에서는  $40\text{kgf}/\text{c m}^2$  해도 좋다.

- 주) 1. 콘크리트의 강도시험은 KS F 2403, KS F 2407, KS F 2408 및 KS F 2405에 따르며 공시체의 재령은 보통 28일로 한다.  
 2. L, A교통에서는 재령의 골재를 구할 수 없는 경우에는 설계기준휨강도  $45\text{kgf}/\text{cm}^2$  얻기 위하여 시멘트량이 현저하게 증가하는 경우 설계기준휨강도를  $40\text{kgf}/\text{cm}^2$ 으로 해도 좋다.

나) 콘크리트슬래브의 두께

콘크리트슬래브의 두께는 교통량에 따라 표 4.78의 값을 표준으로 한다.

표 4.78 콘크리트 슬래브의 두께

교통량의 구분	콘크리트 슬래브의 두께(cm)
L(0) 교 통	12
" ( I ) "	15
" (Ⅱ-1) "	15
" (Ⅱ-2) "	15(20)
A(Ⅲ) "	20(25)
B(Ⅳ) "	25
C 교 통	28
D "	30

주) ( ) 내는 Ⅱ-2, Ⅲ교통에서 설계기준휨강도를  $40\text{kgf}/\text{c m}^2$ 로 한 경우이다.

다) 철강 및 연단부보강철근

무근콘크리트 슬래브에는 원칙적으로 철강을 사용하나 슬립폼페이퍼로 포설할 경우 철망을 생략할 수도 있다. 철망의 폭은 콘크리트슬래브의 연단부보다 10cm정도 좁게 한다. 1매의 철망길이는 겹쳐 이음길이를 20cm정도로 하여 수축줄눈 간격사이에 오도록 하고 운반이 편리하도록 정해야 한다. 철망의 철근량은  $1\text{ m}^3$ 당 3kgf를 표준으로 하고 보통 6mm의 원형철근 또는 이형철근을 사용한다. 또 가능한 한 철망은 용접으로 조립해야 한다.

철망의 매입깊이는 표면에서 콘크리트 슬래브두께의 1/3정도에 설치한다. 철망

삽입기(Mesh installer)를 사용할 경우는 콘크리트 슬래브표면에서 5 ~ 7cm로 하는 것이 좋다.

콘크리트슬래브의 세로방향 가장자리(중연부)에는 보강을 위하여 직경 13mm의 이형철근을 3본 결속하는 것이 좋다. 철망 및 연단부 보강철근의 설치 예는 그림 4.45와 같다.

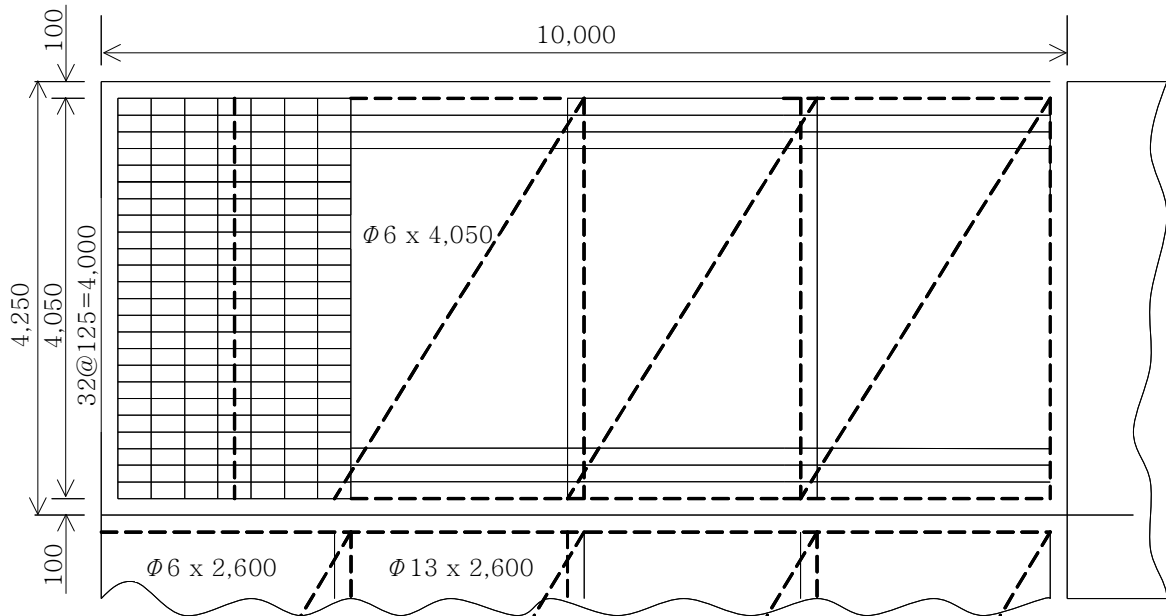


그림 4.45 철망 및 녹단부 보강철근의 설계 예(단위:mm)

- 주) 1. 슬래브두께가 15cm이하인 경우에는 슬래브두께의 약1/2위치에 철망을 넣는다.  
 2. L, A 교통으로 시공상 철망을 사용하기 곤란한 경우에는 철망을 생략하는 수가 있다. 또 이 경우 수축줄눈간격은 5m이하로 한다.  
 3. 철망은 콘크리트 슬래브에 균열이 생겼을 경우에 이것이 벌어지지 않도록 하는 효과가 있다. 이로 인하여 균열이 발생하여도 급속하게 파쇄하지 않는 장점을 가지고 있다.

#### 라) 줄눈의 종류와 간격

##### (1) 줄눈의 종류

콘크리트 슬래브에는 경화에 의한 수축과 온도, 습도변화에 의한 팽창, 외력, 비틀림 등을 어느 정도 자유롭게 일어나게 함으로써 압축응력이나 인장응력 등의 응력을 저감시킬 목적으로 줄눈을 설치한다.

콘크리트 슬래브의 줄눈은 장소, 작용, 구조 등에 따라 다음과 같이 분류된다.

장소에 의한 분류	작용에 의한 분류	구조에 의한 분류
세로줄눈	수축줄눈 비틀림 줄눈	팽창줄눈 타이바(Tie bar)를 사용한 멍(Dummy)줄눈 타이바를 사용한 맞댄줄눈
가로줄눈	수축줄눈 수축줄눈 비틀림줄눈	팽창줄눈 다우월바(Dowel bar)를 사용한 멍줄눈 다우월바를 사용한 맞댄줄눈 타이바를 사용한 멍줄눈 타이바를 사용한 맞댄줄눈

- 주) 1. 멍줄눈에는 시공방법에 따라 콘크리트의 경화후 커터(Cutter)를 사용하여 콘크리트를 절단하는 커트줄눈과 콘크리트가 채 굳기 전에 진동줄눈전단기계를 이용하여 골을 만들어 가삽입물을 매입하는 맞댄줄눈이 있다.
2. 상기의 분류중 \*의 경우가 \*\*보다 구조적으로 강하다.

### (2) 세로줄눈의 간격

세로줄눈은 보통 차선을 구분하는 위치에 설치하지만, 시공법도 고려해서 결정하는 것이 좋다. 그러나 차도와 측대 사이에는 될 수 있는 대로 세로줄눈을 설치하지 않는다.

- 주) 1. 세로줄눈간격이란 세로줄눈과 세로줄눈, 세로줄눈과 세로 자유연단부와의 간격을 말하며 1차선씩 시공하는 경우는 세로줄눈 간격을 차선평과 같이 하는 것이 보통이므로 일반적으로 3.25m, 3.5m, 및 3.75m 가 많으나 4.5이상으로 하지 않는 것이 세로 팽창 방지상 좋다.
2. 가능한 단 차량이 세로줄눈부를 주행하지 않도록 차선구획선 위치 등을 고려하여 세로줄눈 간격을 결정하는 것이 좋다.

### (3) 가로팽창줄눈의 간격

가로팽창줄눈은 콘크리트 슬래브의 구조물 등에 대한 영향이나 온도상승에 의한 횡방향좌굴(Blow up)등을 방지하기 위하여 설치하는 것이다. 가로팽창줄눈의 간격은 표 4.79의 값을 참고로 해서 교량, 횡단구조물 등의 위치, 수축줄눈의 간격 및 1일 포설연장 등을 기초로 해서 정한다. 콘크리트 포장과 아스팔트 포장을 직접 접속시킬 경우는 콘크리트 기초의 단부 2~3번째의 수축줄눈 위치에 팽창줄눈을 만드는 것이 좋다.



표 4.79 가로팽창줄눈 간격의 표준치

시공기간 슬래브두께(cm)	동절기(10~5월)	하절기(6~9월)
12, 15, 20	60~120cm	120~240m
25이상	120~240m	240~280m

주) 팽창줄눈 간격은 이론적으로 엄밀하게 결정할 수는 없다. 표 4.70의 값을 보정하면 가로팽창줄눈의 폭을 20mm 정도로 할 수 있다는 경험을 기초로 한 것이다.

(4) 가로수축줄눈의 간격

철근 또는 철망을 사용하는 콘크리트구조의 가로수축줄눈 간격은 콘크리트 슬래브두께가 25cm 미만인 경우 8m, 25cm이상의 경우 10m를 표준으로 한다.

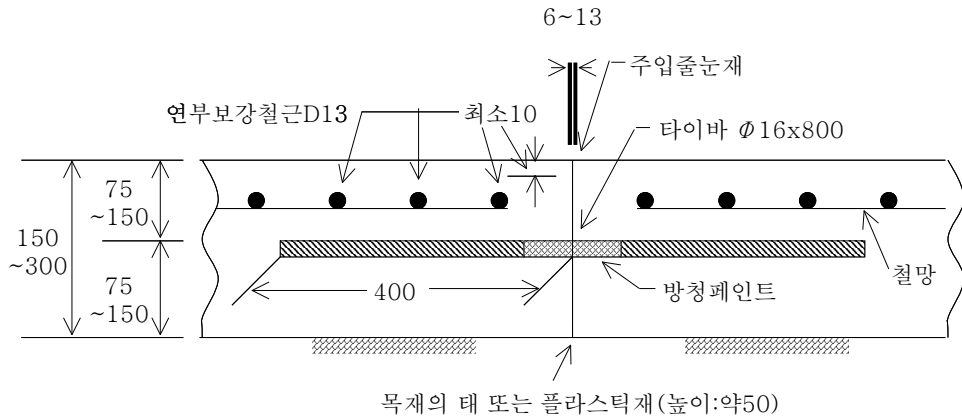
- 주) 1. 가로수축줄눈의 콘크리트슬래브의 수축응역을 경감하기 위하여 설치하는 것으로 가로수축줄눈 간격을 10m이하로 하면 구속응력은 무시할 만큼 적어진다.
- 2. 철망을 생략한 무근콘크리트구조의 가로수축줄눈 간격은 6m이하로 한다. 다만, 이 경우 다우월바를 삽입하는 것이 바람직하다.
- 3. 연속철근 콘크리트 구조에서는 가로수축줄눈은 생략한다.

콘크리트가 경화한 후에 커터로 자르는 시기는 골재의 품질, 양생온도 및 재령 등의 여러 조건에 따라서 다르다. 자를 때에 콘크리트의 모통이가 파손되지 않는 범위 내에서 되도록 빠른 시기로 한다. 보통은 콘크리트를 친 다음날로 하는데 따뜻한 계절에서는 콘크리트를 친 후 4~5시간에 자르는 경우가 있다.

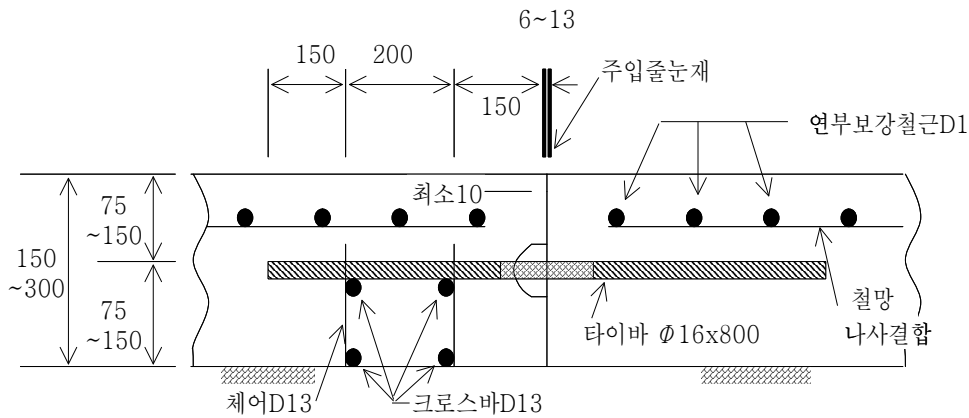
마) 줄눈의 구조

(1) 세로줄눈의 구조

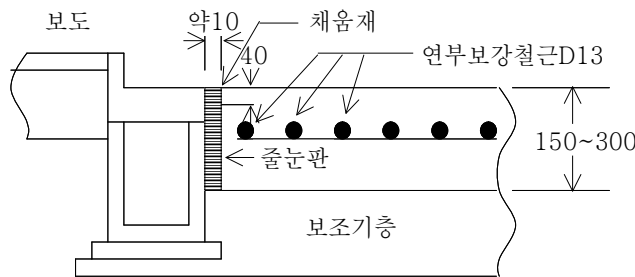
동일횡단 기울기의 콘크리트슬래브는 가능한 양 2차선폭으로 시공하는 것으로 하고, 그림 4.46(a)에 표시한 바와 같이 그 중앙에 설치하는 줄눈은 타이바를 사용한 맹줄눈구조로 한다. 또 부득이 1차선씩 시공할 경우의 세로줄눈은 그림 4.46(b)에 표시한 바와 같이 타이바를 사용한 맞댄줄눈구조로 한다. 그림 4.46(c)는 세로자유연부와 노측구조물과 맞댄줄눈구조물과의 예이며 다음사항을 고려한다.



(a) 맹줄눈으로 하는 세로줄눈의 단면도(단위:mm)



(b) 맞댄줄눈으로 하는 세로 줄눈의 단면도(단위:mm)



(c) 세로자유연단부의 단면도(단위:mm)

그림 4.46 세로줄눈 및 세로자유연단부의 설계예

- ① 세로줄눈의 상부는 폭 6~13mm, 깊이는 단면의 1/3이어야 하며 채움재의 깊이는 채움폭, 채움재의 재질에 따라 다소 차이가 있으나 채움부의 최소깊이는 10mm이상을 원칙으로 한다.
- ② 세로맹줄눈의 전면에는 높이 약 50mm의 삼각형단면의 목재 또는 L형 플라스틱

재 등을 설치하여 콘크리트 슬래브의 단면을 감소시켜 줄눈의 위치에 균열이 생기도록 유도한다. 이 경우 커터깊이는 40mm로 한다. 또, 유도재를 사용하지 않을 경우에는 슬래브의 두께의 약 30%의 깊이에 커터를 넣어서 주입줄눈재를 주입한다.

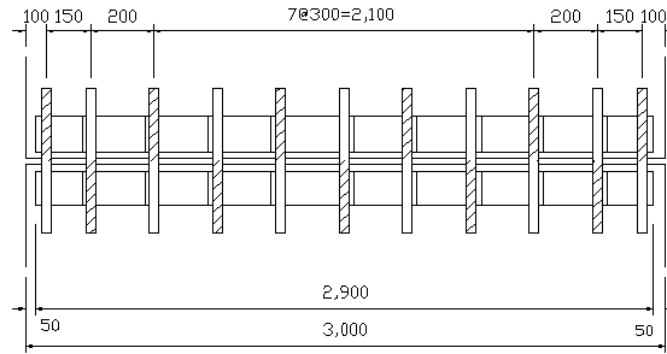
- ③ 타이바는 이형봉강으로 하며 규격과 배치는 포설조건에 따라 직경 16mm와 길이 80mm의 것을 750mm 간격으로 사용한다.

- 주) 1. 이형플라스틱재나 목재의 균열유도재는 아스팔트 중간층이나 안정처리보조기층의 경우에는 비교적 용이하게 보조기층에 고정된다.  
2. 타이바는 줄눈이 벌어지는 것을 방지할 뿐만 아니라 접합되는 것을 방지하며 하중전달내력을 향상시켜 콘크리트슬래브의 연단부를 보강하는 효과가 높다.  
3. 타이바의 내구성을 높이기 위하여 방광페인트 등을 중앙 약 10cm에 도포하는 것이 좋다.  
4. 2차선을 동시에 개방할 경우에는 타이바용 체어는 불필요하다. 맞댄줄눈의 경우에는 타이바를 지지하는 체어가 필요하며 체어를 잇는 크로스바(Cross bar)는 연부보강철근으로 겸용된다.

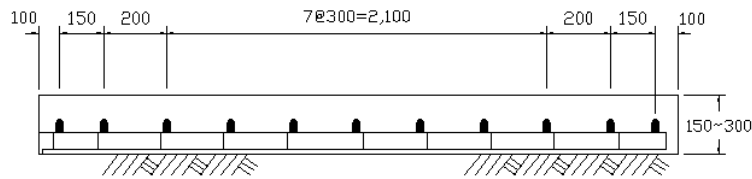
## (2) 가로팽창줄눈의 구조

가로팽창줄눈의 구조는 그림 4.47에 표시한 것을 표준으로 한다.

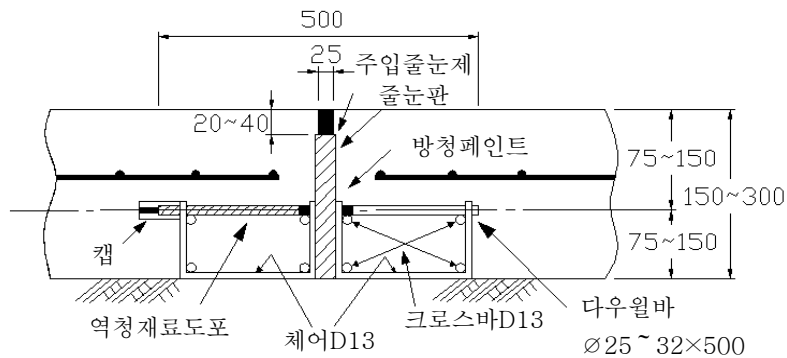
가로팽창줄눈은 다우월바와 줄눈판과를 체어 및 크로스바를 사용해서 관입하여 줄눈재를 주입하는 구조로 한다. 주입줄눈재는 줄눈의 수밀성을 보존하기 위하여 사용하는 것으로 폭은 20mm로 하고 깊이는 20~40mm 정도로 한다.



(a) 평면도 (단위 : mm)



(b) 단면도 (단위 : mm)



(c) 단면도 (단위 : mm)

그림 4.47 가로 팽창줄눈의 설계 예

- 주) 1. 가로팽창줄눈의 다우월바는 직경 25~32mm, 길이 500mm의 것을 표 4.80과 같은 간격으로 배치하여 바의 일단에 고무관등을 끼운철재 캡을 씌워 도로중앙선에 평행한 위치에 바르게 매입 되도록 체어로 고정해야 한다. 체어는 가로줄눈 연단부의 직경 13mm정도의 철근으로 하고, 크로스바를 용접해서 가공중에 변형되지 않는 보강으로 한다.
2. 다우월바는 일단을 고정하고 타설이 신축하기 때문에 역청재료로 도포한다. 부식방지를 위한 역청재료는 다우월바길이의 1/2보다 5cm를 더한 길이로 도포한

다. 중앙부의 10cm에는 최초로 방광페인트를 도포한다.

3. 주입줄눈재 대신 성형줄눈재를 사용할 경우에는 그림 4.48과 같이 성형줄눈재와 백업(Back up)재와의 사이에 여유를 줌과 동시에 성형줄눈재의 전면은 콘크리트에 확실히 접착 시킨다.

표 4.80 다우월바 간격의 설계 예

콘크리트슬래브의 폭(m)	다우월바의 간격(cm)
2.75	(10)+ 17.5+ 20+ 5@30+ 20+ 17.5+ (10)
3.00	(10)+ 15.5+ 20+ 7@30+ 20+ 15.5+ (10)
3.25	(10)+ 22.5+ 25+ 7@30+ 25+ 22.5+ (10)
3.50	(10)+ 20.5+ 25+ 8@30+ 25+ 20.5+ (10)
3.75	(10)+ 17.5+ 25+ 9@30+ 25+ 17.5+ (10)
4.00(측대포함)	(10)+ 17.5+ 26+ 10@30+ 20+ 15.0+ (10)
4.25( " )	(15)+ 17.5+ 25+ 10@30+ 25+ 17.5+ (15)
4.50( " )	(15)+ 20.0+ 25+ 11@30+ 25+ 20.0+ (15)

- 주) 1. 폭은 세로연단부와 세로줄눈의 간격 또는 세로연단과 세로연단의 간격을 말한다.  
 2. 괄호내의 숫자는 세로연단 또는 세로줄눈과 다우월바의 간격을 표시한다.

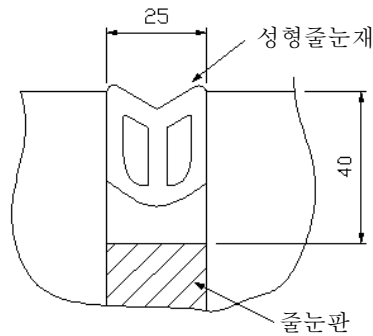
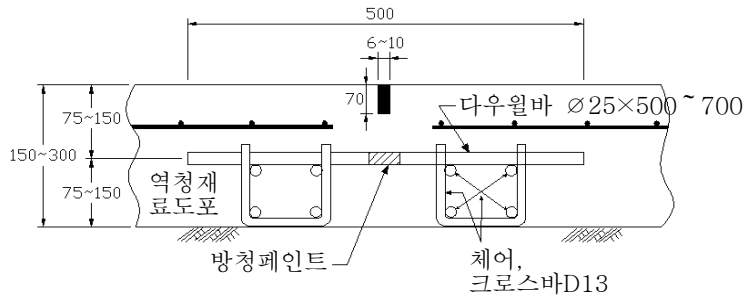


그림 4.48의 성형줄눈재의 예 (단위 : mm)

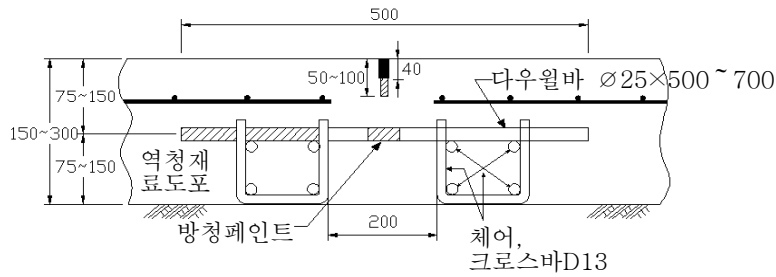
#### 다) 가로수축줄눈의 구조

가로수축줄눈은 다우월바를 사용한 맹줄눈구조를 표준으로 하며 시공중의 경우 등으로 가로수축줄눈을 시공줄눈으로 할 필요가 생긴 경우에는 다우월바를 사용한 맞댄줄눈으로 한다. 맹줄눈은 콘크리트가 경화한 후에 커터로 홈을 만드는 커터줄눈과 콘크리트가 굳기 전에 상부에 홈을 만들어 삽입물을 넣는 타설줄눈 등이 있다. 전면 거푸집을 사용한 공법의 경우 약 30m에 1척소의 맹줄눈은 타설줄눈으로 하고 나머지는 맹줄눈은 커터줄눈으로 한다. 맹줄눈의 구조는 그림 4.49를 표준으로 하며 주입줄

눈재의 주입깊이는 커터줄눈의 경우 두께에 따라서 50~70mm, 타설줄눈의 경우 40mm로 하고 폭은 6~10mm 정도로 한다.



(a) 커터(Cutter)줄눈의 경우



(b) 타설줄눈의 경우

그림 4.49 가로 수축줄눈 구조(맹줄눈)의 예 (단위 : mm)

- 주) 1. 가로 수축줄눈에는 직경 25mm, 길이 50~70cm의 다우월바를 사용한다. 다우월바의 배치는 가로팽창줄눈의 경우와 같고, 다우월바를 지지하는 체어의 설계위치는 그림 4.49에 의한다.
2. 수축줄눈에 사용하는 다우월바의 역청재료, 방광페인트 등의 도포는 가로팽창줄눈의 경우와 같다.
3. 커터줄눈의 깊이는 슬래브두께의 1/4 이상으로 하면 된다. 커터줄눈의 폭은 좁은 것이 바람직 하지만 주입줄눈재의 품질과 주입방법을 고려해서 확실히 주입되도록 정해야 한다.
4. 용접한 슬래브를 포설할 경우 뒤에 포설하는 슬래브의 타설줄눈의 설계위치는 먼저 타설한 슬래브의 균열이 타설줄눈부에 합치는 것으로 함이 좋다.
5. 타설줄눈의 삽입물의 매입깊이는 슬래브두께의 1/4정도로 하면 된다.
6. 지반이 좋고 보조기층에 빈배합콘크리트(Lean concrete)와 시멘트 안정처리(C.T.B)가 되어 지지력이 매우 큰 곳은 타이바만 사용하고 다우월바를 생략할 수도 있다.

### 3) 터널내의 콘크리트 구조의 설계

터널내의 구조는 용수 등의 영향을 받는 경우가 많고, 또 유지관리가 곤란하여 설계를 하는데 충분한 내구성이 확보되도록 주의해야 한다.

가) 보조기층의 두께는 원칙적으로 『가. 포장단면의 설계의 1) 보조기층의 설계』에 의하며, 노상이 암반인 경우에는 『4.3 노상이 암반인 경우』에 따라 설계한다. 인버트(Invert)의 노상은 터널굴착시 굴착한 흙 또는 막부순돌 등으로 소정의 위치까지 되메워 그 노반을 노상으로 보고 보조기층의 두께는 15cm 정도로 한다. 터널내에서는 도수에 주의를 하여도 지하수의 용수를 피할 수가 없는 경우가 있으므로 물의 영향을 받지 않는 보조기층재료를 사용하여야 한다.

- 주) 1. 터널내에서는 물의 영향을 받기 쉬우므로 역청혼합물을 사용할 경우에는 No.200체 통과율중 2%정도를 소석회로 치환하는 것이 바람직하다.
2. 굴착한 흙을 보조기층에 사용하는 것이 필수적이나 보조기층으로서의 품질을 충분히 조사해서 사용하여야 한다. 또 시멘트 안정처리 보조기층은 물의 침수에 대하여 유용한 대책중 하나이다.
3. 일반적인 보조기층의 재료는 소정의 보조기층 두께를 얻지 못할 경우나 연약한 노상등에서 보조기층의 일부에 콘크리트 슬래브를 시설한 예가 있다. 이런 경우 보조기층의 설계 두께는 과거의 실시예나 선정계산 등의 방법을 참고로 해서 정한다.

#### 나) 콘크리트슬래브

터널내 콘크리트슬래브의 설계는 『“2)의 콘크리트슬래브의 설계』를 기준으로 설계함을 원칙으로 한다. 또 팽창줄눈은 항구부근에만 설치한다.

- 주) 1. 항구부의 가로팽창줄눈은 항구에서 터널내 약 30m이내에 1개소를 설치한다. 가로수축줄눈을 치기줄눈으로 하는 것은 터널내 온도의 영향을 고려해서 항구에서 150m 정도에서는 30m에 1개소, 항구에서 150m이상에서는 50m에 1개소의 비율이 좋다.
2. 일반부가 아스팔트포설이 되는 경우에는 항구부의 가로팽창줄눈을 설치하지 않아도 된다.
3. 노상의 지지력이 급격히 변화하고 있는 경우에는 그 위치에 가로수축줄눈을 설치하면 된다.
4. 2차선 포설인 경우 차도폭의 중앙을 기점으로 하여 양측으로 향해서 하향기울기로 한다. 그것이 시공상 곤란한 경우는 편기울기로 해도 된다. 다만 곡연부를 제외한 장소의 편기울기는 2%정도로 한다.
5. 고랭지에서는 타이어체인이나 스파이크 타이어에 의한 마모작용에 대한 내구

성이 큰 굵은 골재를 사용하는 것이 좋다.

#### 4) 길어깨의 포장설계

길어깨는 차도에 비하여 차량이 지나가는 경우가 적으므로 길어깨의 포장은 원칙적으로 차도보다 간단한 구조로 한다. 측구를 설치하지 않는 길어깨에서는 길어깨중 측구에 상당하는 폭으로 0.25m를 차도와 같은 구조로 하는 것이 바람직하다. 길어깨 폭이 0.5m미만인 경우는 차도와 같은 구조로 하는 것이 좋다. 길어깨의 폭이 0.5이상인 경우 길어깨포장의 콘크리트슬래브 두께는 10cm정도로 하고 보조기층두께는 교통량의 구분에 따라서 10~15cm로 한다. 또 측구가 있을 경우에는 그 위치까지 차도와 같은 구조로 하는 것이 좋다.

- 주) 1. 터널내에서 길어깨의 구조는 차도와 같은 구조로 한다. 또 일반부와 터널 또는 연속된 구간에서는 포설시 연속성을 고려해서 동일한 포설폭으로 하는 것이 좋다.
2. 길어깨와 차도를 별도로 포설할 경우에는 타이바를 길어깨의 포설폭의 길이와 같게 한다. 또 이 경우 길어깨의 가로줄눈은 차도의 팽창줄눈 및 가로수축줄눈과 일치하는 줄눈은 차도와 같은 구조로 하고 그 외의 가로수축줄눈은 치기줄눈으로 하며 다우월바는 사용하지 않아도 된다.
3. 동상이 예상되는 지역에서는 별도로 동상방지층을 고려한다.

#### 5) 보도, 자전거로 등의 포장설계

보도, 자전거로 등의 설계에서는 노상의 상태, 기상상황 등을 고려해서 안전하고 원활한 교통이 확보되도록 해야 한다. 보도, 자전거로 등에서 콘크리트포장으로 할 경우에는 표 4.71를 참고로 해서 설계하면 된다. 또 팽창줄눈은 콘크리트 슬래브폭의 변화점과 보도와의 경계에는 반듯이 설치하고 콘크리트 슬래브의 전단면에 줄눈을 설치하는 구조로 한다. 또 보조기층면에는 아스팔트유제를 살포하여 모래를 간후 콘크리트를 포설한다.



표 4.71 도로, 자전거로 등의 콘크리트포장의 기준

단 면(cm)	줄 눈				보조기층재료	콘크리트의 품질
	수축줄눈		팽창줄눈			
<p>7cm 콘크리트슬래브 10cm 보조기층</p>	5cm	치기줄눈	30m	목재등	막부순돌 최대치수 40mm	·설계기준 강도 160kgf/c m <sup>2</sup> ·굵은 골재의 최대 치수 20~40mm ·슬럼프 8cm

- 주) 1. 관리용차폭이 출입할 경우에 콘크리트 슬래브의 두께는 10cm로 하는 것이 좋다.
2. 콘크리트의 포설폭이 1m 미만이 될 경우에는 수축줄눈 간격은 3m로 한다.
3. 팽창줄눈은 골재 등을 이용한 맹줄눈으로 한다.
4. 동상이 예상되는 지역에서는 별도로 동상방지층을 고려하는 것이 좋다.
5. 대형차가 진행할 것이 예상되는 지형에서는 대형차 교통량에 따라 설계한다.

## 나. 콘크리트의 배합설계

### 1) 콘크리트의 배합

콘크리트의 배합은 소요의 품질과 작업에 적합한 workability 및 finishability를 가지는 범위 내에서 단위수량이 될 수 있는 대로 적게 되도록 정해야 한다. 슬래브용 콘크리트에는 AE콘크리트를 사용하는 것을 원칙으로 한다.

#### 가) 배합조건

콘크리트의 배합이란 선정된 재료를 사용하여 소정의 강도, 내구성 및 작업에 적합한 workability의 콘크리트를 단위수량이 될 수 있는 대로 적게 하여 얻을 수 있도록 각 재료의 배합률을 정하는 것이다. 적절한 배합을 함으로서 단위시멘트량이 적어지고 경제적이며 포설시에 균열발생이 적은 콘크리트가 얻어지므로 다음 각 항목을 충분히 고려해서 정해야 한다.

#### (1) 배합강도

- ① 콘크리트의 배합설계에서 목표로 하는 배합강도( $\sigma_{br}$ )는 콘크리트슬래브의 설계에서 기준으로 한 설계기준강도( $\sigma_{bk}$ )에 적정한 증가계수  $\alpha$ 를 곱해서 증가한 값이어야 한다.
- ②  $\alpha$  값은 보통 휨강도의 시험치( $\sigma_{bk}$ ) 이하로 되는 일이 1/5이상의 확률로 일어나지 않을 것, 또  $0.8\sigma_{br}$  이하의 확률로 일어나지 않을 것 등의 2가지 조건을 만족하도록 가정하고 있다.

표 4.72 증가계수( $\alpha$ )

변동계수(%)	7.5	10.0	12.5	15.0	16.0
$\alpha$	1.06	1.09	1.12	1.14	1.15

표 4.73 KS F4009의 조건을 만족하는  $\alpha$  값

변동계수(%)	7.5	10.0	12.5	15.0	16.0
$\alpha$	1.15	1.21	1.36	1.55	1.63

- 주) 1.  $\alpha$ 는 콘크리트 휨강도의 변동계수의 함수가 되므로  $\alpha$ 를 정하려면 휨강도의 변동계수를 정해야 한다. 일반적으로 공사초기에는 콘크리트의 휨강도의 변동계수의 적절한 예상은 곤란하며, 또 공사기간도 3개월 정도 이하의 것이 많으므로 휨강도의 변동계수를 정확하게 확정하는 것이 어려운 경우가 많다. 따라서 실제에는 공정을 위해 변동계수를 가정하고 그에 따른  $\alpha$ 를 사용하여 배합강도를 정하게 되는 것이다. 콘크리트 휨강도의 변동계수에 대한 실태조사 결과에 의하면 변동계수는 10%이하가 80%정도를 차지하고 있으며  $\alpha$ 를 1.1정도로 취하면 안전할 경우가 많지만 더욱 안전한 값으로 1.15(변동계수 약 16%)로 해도 좋다.
2. 공사기간이 길고 시험실적에서 변동계수가 분명할 경우 또는 과거의 재료에 따라 적절한 변동계수를 예상할 수 있을 때의  $\alpha$ 값은 표 4.72에 따라 정한다. 또 변동계수가 표의 중간값일 경우에는  $\alpha$ 를 비례배분으로 구해도 좋다.
3. 콘크리트 휨강도의 시험횟수가 7회 미만이 되는 소규모공사인 경우 콘크리트의 배합강도는 KS F4009(레디믹스콘크리트)의 규정을 만족할 수 있도록 정해야 한다. 동규정에서는 콘크리트 휨강도의 3회계산의 평균값이 구입자가 적절한 호칭강도이상일 것과 어느 회의시험결과도 호칭강도의 85%이하 이어야 한다. 따라서 이 경우의  $\alpha$ 값은 표 4.73과 같이 된다. KS F4009(레디믹스콘크리트)의 품질규정을 사용할 경우에 변동계수가 10%이하를 상응하면  $\alpha$ 값이 상당히 커지고 단위 시멘트량도 마)의 단위시멘트량에서 적절한 표준범위를 상응하게 되므로 공장의 규정에 유의해야 한다.
4. 콘크리트의 강도는 휨강도로 정하는 것이 원칙이지만 당해공사에 사용하는 것과 같은 골재를 사용한 시험에 의하여 휨강도와 압축강도의 관계가 이루어질 경우에는 상당한 압축강도로 치환하여 설계기준강도, 배압강도를 정하여도 된다. 이때의 관계식은 물시멘트비가 50%이상 또는 40%이하의 구분을 가정한 4점 이상의 시험결과에서 직선회기방식을 최소자승법에 의하여 구하고, 다시 이 직선을 압축강도 측에 따라 휨강도에 의한 압축강도보정 값의 표준설차만큼 더한 방법으로 평행이동한 것으로 한다. 또, 휨강도와 초기강도와의 상대계수가

0.9미만인 경우에는 이 방법을 사용할 수가 없다.

## (2) workability

- ① 슬래브용 콘크리트는 포설방법에 적합한 workability를 가지고, 소요의 평탄성을 쉽게 얻을 수 있는 퍼니셔빌리티를 가져야 한다.
- ② 콘크리트는 작업이 가능한 범위에서 되도록 컨시스턴시가 적은 것(침하도가 큰 것 또는 슬럼프가 작은 것)
- ③ 타설장소에서 콘크리트의 컨시스턴시는 슬럼프 2.5cm 또는 침하도 30도를 표준으로 한다. 침하도 표준은 KS F2427 진동하에 의한 콘크리트의 컨시스턴시 측정방법에 따른다.

주) 슬래브용 콘크리트로서는 체적변화가 작고, 마모저항이 큰 것이 좋으므로 설계에 의한 시공에 지장이 없는 한 시멘트분의 양을 되도록 적게 할 필요가 있으며, 당연히 된비빔 콘크리트가 좋다. 그러나 표준설계의 방법에 비하여 된비빔이 지나치면 다짐이 불충분하게 되고 콘크리트중에 공극이 남는다. 공극이 1%증가하면 휨강도에서는 4%정도 감소하므로 결과적으로 물시멘트 비가 약 4% 커진 것과 같다. 현재사용하고 있는 포설기계로는 전술한 컨시스턴시의 콘크리트를 사용하면 충분히 다질 수 있는 것이 경험에 의하여 확인되어 있다.

다음과 같은 경우에 사용하는 콘크리트의 슬럼프는 6.5cm 정도를 표준으로 한다.

- ① 간이포설 기계 및 인력으로 포설을 할 경우
- ② 철근콘크리트 슬래브, 답괘슬래브 등의 배근량이 많은 슬래브를 포설할 경우
- ③ 터널내 등에서 덤프트럭을 사용할 수 없기 때문에 애지테이터 트럭(Agitator truck)으로 포설하는 경우

주) 1. 간이포설기계 및 인력으로 포설하는 경우는 포설지침에서 슬럼프 5~8cm의 콘크리트가 적당하다. 슬럼프가 5cm를 밑돌면 애지테이터 트럭에서의 배출효과가 좋지 못하다. 슬럼프가 8cm이상이 되면 블리딩(Bleeding)등이 커져서 마무리하기가 나빠지고, 시멘트양이 증가해서 비경제적이며 또 플라스틱 균열이나 온도균열도 발생하기 쉽다. 따라서 슬럼프가 5~8cm중간을 취해서 6.5cm를 표준으로 하였으며 슬럼프는 포설이 되고 운반 및 부리기가 가능한 한 적어야 한다.

2. 유동화제를 사용할 경우에도 포설시의 슬럼프값은 원칙적으로 표준범위로 한다.

## (3) 굵은골재 단위용적

굵은골재 단위용적은 소요의 workability 및 finishability를 얻을 수 있는 범위안에서 단위수량이 최소가 되도록 정해야 한다. 일반적인 경우 표 4.74의 배합참고 표에 의하여 정하면 좋다.

표 4.74 배합참고표

굵은골재의 최대치수	자갈 콘크리트		부순돌 콘크리트	
	굵은골재 단위용적	단위수량(kgf)	굵은골재 단위용적	단위수량(kgf)
40	0.76	115	0.73	130
30		120		135
25		125		140
19		125		140

상기조건과 다른 경우의 보정

조건의 변화	굵은골재단위수량	단위수량
잔골재 상입률 증감에 대하여	굵은골재 단위수량용적=(상기의 굵은골재 단위수량) $\times$ (1.37-0.133상위율)	보정하지 않음
침하도 10초의 증감에 대하여	보정하지 않음	$\pm 2.5\text{kgf}$
공기량 1%의 증감에 대하여		$\pm 2.5\%$

- 주) 1. 이 표의 값은 조립율 2.80(강모래0의 잔골재를 사용한 침하도 30초(슬럼프 약 2.5cm)의 AE콘크리트(양질의 감수제를 쓴 공기량 4%인 경우)로 믹서에서 나온 직후에 적용한다.
2. 자갈에 부순돌이 매립된 경우의 단위수량 및 굵은골재 단위용적은 상기표와 값이 직접적으로 변화한다고 보고 구한다.
3. 단위수량과 침하도의 관계는  $\log(\text{침하도}) \sim$  단위수량관계가 직접이 되므로 침하도 10초에 상당하는 단위수량의 변화는 침하도 30초 정도의 경우에 2.5kgf, 침하도 50초 정도의 경우에는 1.5kgf, 침하도 80초 정도의 경우에는 1kgf이다.
4. 슬럼프 6.5cm인 경우의 단위수량은 상기표의 값에 8kgf증가시킨다.
5. 단위수량과 슬럼프의 관계에서 슬럼프 1cm에 상당하는 단위수량의 변화는 슬럼프 8cm 정도의 경우에는 1.5kgf, 슬럼프 5cm 정도의 경우에는 2kgf, 슬럼프 2.5cm 정도의 경우에는 4kgf, 슬럼프 1cm 정도의 경우에는 7kgf이다.
6. 잔골재의 조립률증감에 따른 굵은골재 용적의 보정은 잔골재의 조립률이 2.2~2.3 범위에 있는 경우에 적용되는 식을 표시한 것이다.

굵은골재 단위용적은 콘크리트 1m<sup>3</sup>에 사용하는 굵은 골재의 겉보기용적으로 다음 식으로 표시한다.

$$\text{굵은골재단위용적} = \frac{\text{콘크리트 1m}^3\text{에 사용되는 굵은골재의 중량}}{\text{KS F2505에 표시된 방법으로 구한 굵은골재의 단위용적중량}}$$

콘크리트의 배합을 표시하는데 굵은 골재 단위용적에 의하는 것으로 바꾼 것은 종래의 잔골재를 사용한 배합 참고 표에서는 굵은 골재의 최대치수, 단위 시멘트량, 단위수량, 공기량 및 컨시스턴시 등이 변화하면 그 때마다 잔골재들의 보정을 하지 않으면 안되나 굵은 골재 단위용적을 사용하면 필요가 없다.

#### (4) 단위수량

소요의 컨시스턴시를 갖는 콘크리트를 만드는데 필요한 단위수량은 굵은 골재의 최대치수, 골재의 입도 및 형상에, 굵은골재 단위수량, 컨시스턴시, 혼화제의 종류 및 콘크리트온도 등에 따라 달라지며 운반시간에 따른 컨시스턴시의 변화도 고려해야 하므로 단위수량은 사용재료로 시험을 하여 정해야 한다.

- 주) 1. 콘크리트의 단위수량은 굵은 골재의 최대치수 40mm, 양질의 혼화제를 사용하여 슬럼프 2.5cm, 공기량 4%정도의 콘크리트로, 굵은 골재에 자갈을 사용한 경우는 110~120kgf이다. 굵은 골재에 부순돌을 사용한 경우는 이것보다 10~20 kgf 많고, 어떠한 경우에도 단위수량이 150kgf 이상으로 되는 경우에는 골재의 입도형상이 적당치 않다고 생각하여도 좋다.
2. 플랜트에서 혼합한 콘크리트는 일반적으로 덤프트럭으로 포설위치까지 운반하므로 운반 중 수분의 증발 및 공기량의 손실에 의하여 콘크리트의 컨시스턴시가 슬럼프로 2cm정도 적어진다. 이것은 그때의 기온, 습도 및 운반거리 등에 따라 달라지는 것이므로 시험에 의해 정해야한다.

#### (5) 단위시멘트량

- ① 단위시멘트량은 소요의 품질을 얻을 수 있도록 정해야 한다. 다만, 단위시멘트량은 소요의 강도에 맞도록 정해야 한다.
- ② 강도의 기준으로 하여 단위시멘트량을 정할 경우에는 KS F2408에 의한 휨강도시험에 의한다.
- ③ 내구성을 기준으로 하여 단위시멘트량을 정해야 할 경우의 물-시멘트비는 표4.75의 값 이하라야 한다.

표 4.75 내구성으로 정하는 최대 물-시멘트비

환 경 조 건	물-시멘트비(%)
특히 심한 기후로 동결이 계속 되던가 건습 또는 동결융해가 반복되는 경우	45
동결융해가 때때로 일어나는 경우	50

- 주) 1. 단위시멘트량의 시험을  $280 \sim 350 \text{ kgf/cm}^2$  으로 정한 것은 골재사정 등을 고려하여 슬럼프 2.5cm의 콘크리트를 대상으로 한 배합강도  $52 \text{ kgf/cm}^2 (45 \text{ kgf/cm}^2 \times 1.15)$ 를 구하기 위한 시험을 나타낸 것이다. 따라서 슬럼프를 6.5cm로 할 경우나 골재의 품질이 좋지 않을 경우에는 상기의 범위를 상회하는 경우도 있다. 그러나 단위 시멘트량을 많이 사용하는 것은 비경제적일 뿐만 아니라 플라스틱 균열(콘크리트 슬래브표면의 급격한 건조가 원인으로 타설 직후 아직 굳지 않은 콘크리트의 표면에 발생하는 미세한 균열), 온도균열 등의 발생이 염려되므로 소요의 품질을 얻을 수 있는 범위 내에서 단위시멘트량을 적게 하는 것이 중요하다.
2. 일반적으로 배합강도가  $53 \text{ kgf/cm}^2$ 에서  $1 \text{ kgf/cm}^2$  커질 때 마다 단위 시멘트량은 약 8kgf 증가한다. 다만, 골재의 품질에 따라서 단위시멘트량을 증가해도 강도의 증가가 발생하지 않는 경우가 있다. 따라서 시멘트량의 상한을 10% 초과하여 증가할 경우에는 양질골재를 선정하거나 성능이 좋은 감수재의 사용 등으로 시멘트량의 증가가 심하지 않도록 해야 한다.
3. 휨강도는 동일한 물-시멘트비의 시멘트풀을 사용해도 굵은 골재와 잔골재의 품질에 따라서 광범위하게 변화하는 것이므로 사용재료를 사용해서 미리 시험하여 물-시멘트비를 정해야 한다.
4. 콘크리트의 내구성은 물-시멘트비와 공기량뿐 아니라 재료, 혼합, 타설, 다짐, 양생 등 많은 조건에 따라 영향받는 것으로서 표 4.75에 표시한 값은 예상되는 환경조건에 대한 내구성으로 정해지는 물-시멘트비의 최대값을 나타낸 것이다. 따라서 현장에서는 골재의 표면수량의 변동, 재료의 계량오차 등을 고려하여 이표의 값보다 작은 값을 사용하는 것이 적당하다. 또 양생조건이 나쁜 경우에는 이 표의 값보다 작은 값을 물-시멘트비의 최대값으로 해야 한다.

(6) 공기량

- ① 공기량은 소요의 양을 얻을 수 있도록 시험에 의하여 정해야 한다. 공기량의 시험은 KS F 2421(굳지 않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험방법(공기량 압력방법))의 규정에 의한다.
- ② 공기량은 4%를 기준으로 한다.

주) 공기량 4%의 값은 콘크리트포설위치에서의 값이므로 플랜트에서 혼합한 직후의 공기량은 운반중의 혼실량을 예상해 둘 필요가 있다. 이 변화는 기온, 습도, 및 운반거리등에 따라서도 다르므로 미리 포설현장마다 시험으로 구하면 좋다.

#### 나) 배합설계

콘크리트 슬래브의 콘크리트는 휨강도를 설계기준강도로 하고 있는 점, 된비빔의 컨시스턴시는 진동대식 컨시스턴시 시험에 의한 침하도 표시해도 된다는 점, 굽은골재관유용적을 사용하여 배합설계를 하는 점 등 일반적인 구조물에 사용하는 콘크리트와 다른 여러 가지의 특성을 갖고 있으므로 충분한 검토를 하여 정해야 한다.

배합을 정 하기 위한 순서는 다음과 같다.

- ① 배합조건과 재료의 품질특성 파악
- ② 참고표 또는 경험을 기초로 한 가배합의 설정
- ③ 시험혼합에 의한 특성의 파악 및 배합수정
- ④ 연소조건에 의한 배합의 수정
- ⑤ 시험배합의 결정
- ⑥ 현재의 골재상태에 따라 현재배합으로 수정

### 4.4.5 토사계포장

토사계포장은 차량의 주행성 및 현장조건 등을 고려하여 평탄하고 확일하며 충분한 내구력이 지지 되도록 설계해야 한다.

토사계포장은 그림 4.35에 표시한 노상위에 자갈, 부순돌, 모래, 점토 등으로 층(보조기층)을 만들어 그 표면을 노면으로 사용하는 것을 말한다. 다른 포장에 비하여 경험적이기 때문에 교통량이 적은 지선작로 및 경작로에서 주로 적용한다. 그러나 작업의 기계화가 진행되고 교통량이 많아지면 자갈의 비산, 모래 및 먼지에 의한 도로 경작지의 작물피해가 증대하거나 노면의 접합에 의하여 집출하시에 과실 등의 손상이 많아진다. 또 치대관리가 좋지 못하면 강우시에 노면의 도수가 빨리 진행되지 못하게 되어 진행이 불가능하게 되고 치대관리 등에 많은 적용이 요구되는 등의 단점이 있다. 토사계포장에는 토사로, 자갈로 등이 있으며 경우에 따라서는 노면을 유화아스팔트 등으로 방광관리를 하는 경우도 있다.

#### 가. 토사로

토사로는 천연상태으로서 노면포장을 하지 않은 도로이다. 토사로는 보수가 간단하고 유지보수가 용이하지만 노면의 파손이 많고 수분을 포함하는 경우에는 흙진탕이 되는 성질이 있으며 동상작용을 받기 쉬우므로 도수에 특히 주의해야한다.

### 1) 재료

토사로의 재료로서 흙은 조립분이 많고 혼합재로서 점토를 적당히 포함하는 것이 바람직하다. 실트(Silt) 및 점토의 함유량이 많으면 강우로 흩진탕이 되므로 토사로서는 세립분(0.075mm이하)의 함유량이 35%이상인 흙을 사용해서는 안된다. 또 부식토는 혼입하지 않는 것이 좋으며 운모는 3%이상 포함하지 않는 것이 바람직하다. 인공적으로 흙에 모래 또는 점토를 혼입하여 사용할 경우에는 표 4.76에 표시한 배합을 표준으로 한다.

표 4.76 모래와 점토 혼합물의 배합표준

종 류	이상비율	적당한 비율의 범위
점토	7.5	5 ~ 10
실트	15.0	10 ~ 20
모래(입경 0.075 ~ 0.425mm)	25.0	10 ~ 40
모래(입경 0.425 ~ 2mm)	52.5	45 ~ 60

### 2) 횡조

표면도수를 위한 횡단기울기는 다른 작업로보다 급하게 하여 3~6%로 한다. 종단기울기는 최소기울기를 0.5%로 하고 4%를 초과하지 않도록 한다. 토사로의 횡단면의 형상은 도수로 포물선형이 적합하다. 단면의 건조를 촉진하기 위하여 일조시간이 많은 단선을 보정하는 것이 좋다.

## 나. 자갈로

자갈로는 노면의 일부 또는 전부를 자갈 또는 부순돌 및 그 혼합재로 만든 도로이다. 자갈로의 이점은 보수가 용역하고 토사로 보다 하중과 풍화작용에 잘 견딜 수 있으며 하중을 넓은 면적에 분포시켜 도로의 손상을 경감하며, 토사로 보다 먼지가 적은 점 등이다. 자갈로에서도 토사로와 같이 도수에 충분히 주의해야 한다.

### 1) 재료

자갈로에 사용하는 재료는 깨끗하고 감경 및 내구성이 있는 것으로 적당한 입도를 갖는 자갈 또는 부순돌에 적당량의 혼합재로 점토, 로움(Loam) 또는 석분을 포함한 것이 좋다. 부순돌의 입도는 표 4.37를 표준으로 하고 결합재의 배합비율은 표 4.77을 표준으로 한다.



표 4.77 결합재의 배합비율 표준

점 토	사용자갈 또는 부순돌 용적의 15 ~ 20%
로 움	" 25 ~ 30%
석 분	" 30 ~ 40%

2) 구조

자갈로의 보조기층 두께는 일반적으로 10 ~ 30cm 정도이고 (표 4.78 참조), 횡단 기울기는 3 ~ 6%로 한다. 다만 노상의 지지력이 작은 경우나 흙진탕 및 동상 등이 예상될 경우에는 보조기층 두께를 크게 해야 하고 노상의 결합상태나 차량의 주행성 및 현장조건 등을 고려해서 결정하는 것이 좋다. 이 경우 다량의 자갈 또는 부순돌을 일시 부설하여 고르면 차량이 주행하기가 좋지 않으므로 수회에 걸쳐 부설하여 고르는 것이 효과적이다.

표 4.78 자갈로의 보조기층 두께

노상의 성격 CBR	2	3	4	6	8	12이상
보조기층의 두께(cm)	20	20	15	15	15	10

주) 보조기층 재료는 막부순돌을 표준으로 한다.

다. 방진처리

방진처리는 자갈로의 노면에 아스팔트유제등의 재료를 살포침투시켜 표층의 토사입자를 결합시키고 사전의 발생이나 노면의 마모를 방지하여 노면을 피복하고 우수 등의 침투를 방지함과 동시에 교통에 의한 마모작용을 경감할 목적으로 하는 것이다.

1) 역청재료에 의한 방진처리

역청재료에 의한 방진처리는 타르류, 컷백아스팔트 또는 유화아스팔트를 사용한 살포법이 일반적이다. 우선 노면을 청소하고 떠 있는 자갈이나 토사를 제거해서 역청 재료를 살포한다. 처음  $1 \sim 2l/m^2$  정도를 살포하고 난 다음 충분히 흡수된 후  $0.5l/m^2$  정도 살포하고 역청재료가 침투하기 어려울 경우에는 스케어리파이어(Scarifier) 등으로 노면을 긁어 일으키고 전압해서 살포한다. 또 노면이 너무 건조될 때는 적당히 살수한다.

## 2) 라구우닝류에 의한 방진처리

라구우닝(Lagooning)류는 펄프공법의 부산물인 아류산 펄프폐액중에 포함되어 그 폐액을 노면에 살포하면 폐액중의 라구우닝류이 토립자간에 침투하여 수분을 손실하고 점착력을 증가시켜 방진효과를 나타낸다. 그러나 시공중에 우수에 의하여 라구우닝이 용해 유출하므로 여러 가지 첨가제를 가해서 내구성을 증가시키는 각종재료가 만들어지고 있다. 시공은 살수차, 디스트리뷰터, 스프레이 등으로 처음에는 침투성이 강한 재료를 하층용으로  $3 \sim 5 \text{ kgf/m}^2$ 를 수회 나누어 살포하고, 완전히 침투한 후에 기층용을  $2 \sim 2.5 \text{ kgf/m}^2$  정도 살포해서 마무리 한다. 라구우닝류에 의한 방진처리는 매월 1~2회 정도 추가살포가 필요하다.

## 3) 염류에 의한 방진처리

염류에 의한 방진처리에는 염화칼슘, 염화마그네슘, 염화나트륨 등을 사용하고 일반적으로 가격, 지속성 등을 고려하여 염화칼슘을 많이 사용한다. 이들의 재료는 동상방지에 효과가 있지만 지속성이 짧고 10~15일 정도 유효하므로 영구포설시설에는 적당하지 않다. 시공은 처음에  $0.5 \sim 0.8 \text{ kgf/m}^2$  정도 살포하고 먼지가 일기 시작하면  $0.2 \sim 0.3 \text{ kgf/m}^2$ 를 추가살포 한다. 살포용액은 10~15%가 표준이다.

## 4.5 배수공

### 4.5.1 일반사항

농도는 그 기능이 저하되지 않도록 필요에 따라서 배수구, 배수관, 차단배수층 등의 배수시설의 설치 및 동상방지대책을 해야 한다.

강우량이 많고 토질이 나쁜 경우에 배수를 적절히 하는 것은 농도의 보전을 위해서 또한 교통의 안정성 유지를 위해서 대단히 필요하다. 따라서 농도를 설계할 경우에는 배수공에 대해서도 포장이나 구조물과 같이 필요한 사항을 충분히 고려해야 한다.

농도의 배수공을 그 설치목적으로 분류하면 표면배수공과 지하배수공으로 구분할 수 있으며 배수시설의 능력은 강우의 유출유량, 융설(融雪: 녹은 눈)로부터의 유량, 기타의 공급원에 의한 유량의 합으로 한다.

또한 한랭지의 농도에서는 흙의 동상(凍上)작용에 의하여 피해를 받을 염려가 있으므로 동상현상을 잘 이해하고 그 원인을 제거토록 적절한 동상방지대책을 강구해야 한다.

또한 배수공과 관련하여 도로측구와 집수통 등 부대시설이 두더지, 뱀, 맹꽁이 등 소형동물들의 이동통로로 검용될 경우에, 이러한 소형동물들이 낙하 후 탈출할 수 있는 구조를 고려한다.

### 4.5.2 표면배수공

표면배수공은 강우 또는 강설로 생긴 노면 및 도로용지 외의 표면수를 배제하는 시설이고 갓길 배수공과 비탈면배수공으로 구분된다.

#### 가. 갓길 배수공

##### 1) 성토 갓길 배수공

아스팔트 연석구로 또는 콘크리트 연석구로 도수(導水 : water guide)하여 측구 또는 도로 외부의 재래수로로 접속하는 것으로 농도에서는 일반적으로 아스팔트 연석구가 사용되고 있다.

##### 2) 절토 갓길 배수공

콘크리트현장타설 또는 L형구 또는 보행자도로의 경우에는 원형수로로 집수하여 측구 또는 도로외의 재래수로로 접속하는 것으로 농도에서는 보통 설치하지 않는다. 절토부에서의 노면배수는 그대로 측구에 배수(排水)된다.

## 나. 비탈면 배수공

비탈면 배수공에는 비탈머리 배수공과 소단 배수공이 있으며 구조상으로는 큰 차가 없고 철근콘크리트 U형, 소일시멘트 또는 콘크리트로 라이닝을 한다.

수로단면은 집수면적에 의하여 결정되며 토사 등의 퇴적을 고려해서 20%정도의 단면여유로 한다. 특히 호우 시 다량으로 토사가 유출될 염려가 있는 자연사면에서는 충분한 여유를 감안해야 한다. 또한 유지관리 면에서 단면은 0.2×0.2m 이상으로 한다.

비탈면배수시설의 파괴는 주로 물이 배수구를 따라 흘러내리지 않고 그 바깥쪽이나 저리(底裏: 낮은 곳)를 흘러내려 주위의 흙을 세굴하기 때문에 일어난다. 그러므로 표면수를 받는 배수시설은 원 지반에 충분히 붙이거나 불투수성 재료로 다시 메우는 등의 방법을 채택하여 물이 배수구로 흘러들어 오도록 한다. 또 급류 시에 물이 넘쳐 흐르지 않도록 뚜껑을 설치하거나 적은 도수(跳水 : hydraulic jump)에 의해서도 배수구의 바깥쪽이 침식되지 않도록 간돌 등으로 보호하는 조치가 필요하다.

절토구간에서는 암질이나 지층의 주행 등이 비탈면의 용수에 상당한 영향을 미치므로 파악해 두어야 한다.

### 1) 비탈머리 배수공

비탈머리배수공은 인접지역의 우수나 용출수가 비탈면으로 흘러들어오지 않도록 비탈머리에 설치한다. 비탈머리 배수공의 종류는 비탈면이 존재하는 지형, 배수량 및 토질 등에 따라 검토해서 결정해야 한다. 비탈머리 배수공으로는 다음과 같은 종류가 있으며 일반적으로 0.3m정도의 철근콘크리트 U형을 많이 사용하고 있다.

#### 가) 비탈머리 배수구

수량이 적고 다른 수로에 용이하게 연결할 수 있을 경우에는 그림 4.50과 같은 비탈머리 배수구로 할 수가 있다.

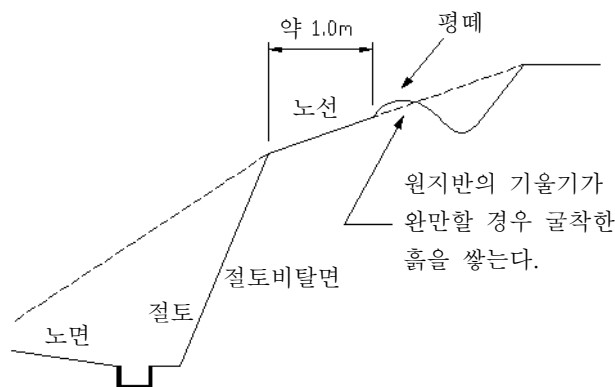


그림 4.50 비탈머리 배수정

### 나) 소일시멘트 배수구

수량이 적고 물이 지중에 침투해서는 안 될 경우에 그림 4.51와 같은 소일시멘트 또는 콘크리트라이닝을 한다. 소일시멘트의 경우 시멘트 량은 토질에 따라 다르나 건조중량비로 5~10%정도이며 일반적으로 6%를 많이 사용한다. 또 현지에 사질토가 없는 경우에는 빈배합콘크리트를 사용하는 것이 좋다. 이 경우 콘크리트강도는  $\sigma_{28} = 130\text{kg/cm}^2$  정도로 한다.

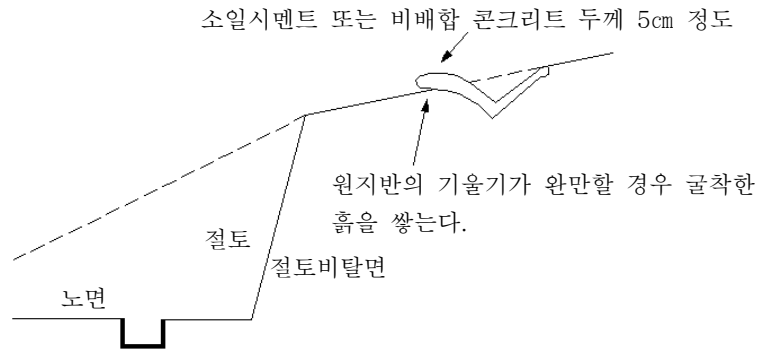


그림 4.51 소일시멘트 배수정

### 다) 철근콘크리트 U형구 등

배수구에 집수되는 수량이 많고 길이가 긴 경우에는 그림 4.52과 같이 프리캐스트(Precast) 철근콘크리트U형구나 원심력철근콘크리트 반원 관을 사용한다. 집수면적과 지표면의 상태에 따라 다르기도 하지만 직경 0.3m정도의 2차 제품을 사용하는 경우가 많다. 비탈머리 배수구는 보통 기울기가 급하여 상당한 배수능력을 갖지만 원지반과 이면으로 물이 유하하거나, 배수구를 흐르는 유속이 빨라 기울기의 변화점 등에서 물이 튀어 측면을 세굴하기도 한다. 따라서 배수구의 뒤채움 시공을 신중히 해야 한다.

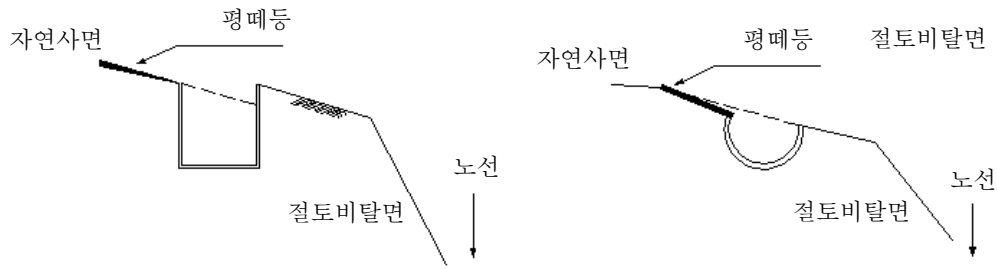


그림 4.52 프리캐스트제품에 의한 비탈머리 배수시설

## 2) 소단배수공

비탈면이 길어지면 일반적으로 5~10m높이의 간격으로 1.0~2.0m폭의 소단을 설치하는데 이는 비탈면을 따라 유하하는 우수가 원인이 되는 침식작용을 방지하는데 유효하다. 비탈면을 유하하는 우수는 가능하면 각 소단마다 처리하고 비탈면에 좋지 않은 영향을 주지 않도록 해야 한다. 소단의 종단기울기는 일반적으로 농도의 종단기울기에 맞추어도 지장은 없지만 0.3~5%정도로 하는 것이 좋다.

소단배수공은 소일시멘트나 철근콘크리트 U형구를 사용하고 종단배수구(Chute 공)로 배수한다.

### 가) 소일시멘트 배수구

소단으로 집수되는 양이 적을 경우에는 특별히 배수구를 설치하지 않고, 평떼 등의 식생을 하는 정도로도 좋으나 물이 지하에 침투해서는 안 되는 경우에는 소일시멘트 또는 빈배합콘크리트 등을 이용한 배수구를 설치해야 한다.(그림 4.53 참조)

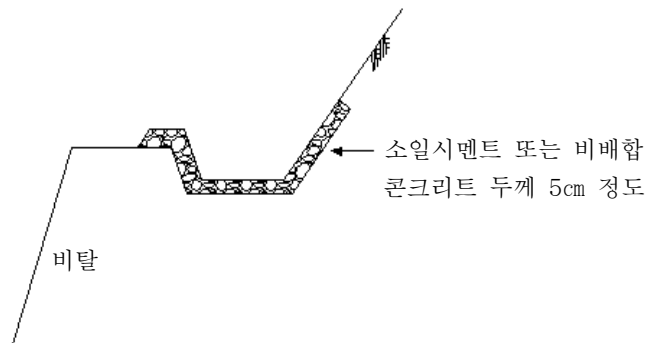


그림 4.53 소일시멘트 배수정

### 나) 철근콘크리트 U형구

소단에 집수되는 양이 많을 경우에는 철근콘크리트 U형구 또는 원심력철근콘크

리트 반원관 등을 사용한다. 일반적으로 0.24m 또는 0.3m정도의 U형구를 사용하는 경우가 많으며 토사 등의 유입이 없는 곳에서는 원심력철근콘크리트 반원관이 유리할 때도 있다.

### 4.5.3 지하배수공

지하배수공은 노면하의 지하수위를 저하시킴과 동시에 농도에 인접하는 지대 및 노면에서 침수하는 물을 배제하는 시설이며 보조기층 및 노상의 배수로 구분한다.

지하배수에 사용하는 배수시설은 노측의 지하배수구, 횡단배수구, 차단배수층 등이다.

#### 가. 노측의 지하배수구

지하배수구에 의한 배수는 노상 및 보조기층을 대상으로 하고 지하수위가 높은 지역에서 널리 시공되며 이는 지중의 배수에 대단히 유효하다. 일반적으로 평지부로 지하수면이 수평인 곳에서는 그림 4.54와 같이 도로의 양측에 설치한다. 그러나 경사지로 지하수가 한편에서만 유출하는 장소에서는 그림 4.55와 같이 한쪽의 도로 측에만 설치하는 경우도 있다.

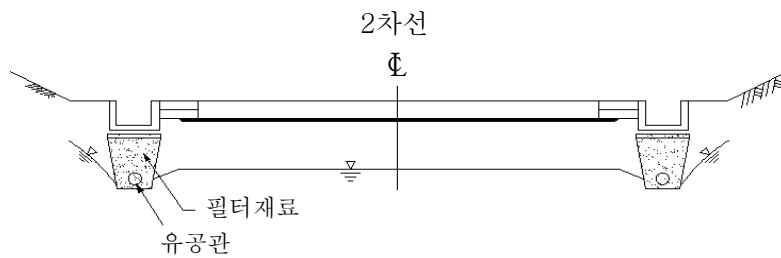


그림 4.54 양측의 노측에 설치된 지하배수정

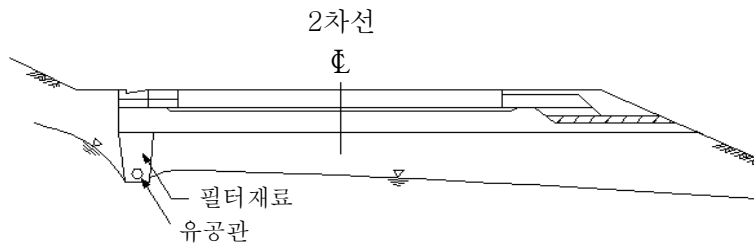


그림 4.55 한쪽에 설치된 지하배수정

지하수가 특히 많은 지역에서는 지하배수구만으로는 배수능력이 부족하므로 노상과 보조기층의 경계 또는 노상이나 노체 내에 수평차단 배수 층을 설치해서 침투류(Seepage)를 지하배수구로 유도한다.

지하배수구의 깊이는 1.5m~3.0m가 일반적이나 지형, 토질, 지하수의 등의 조건에 따라 변한다. 지하배수구의 저부에는 유공관을 설치할 때가 많고 유공관에는 콘크리트관, 염화비닐관, 강관 등을 사용하고 매설하는 관은 내경 0.2~0.3m를 표준으로 하며 관의 주위를 입도분포가 양호한 필터재로 보호하여야 한다. 지하배수구의 되메움 재료에는 투수성이 좋고, 흙의 세립분의 유입을 방지할 수 있는 필터재를 사용한다.

또, 지하배수구의 위치가 측구의 하부이거나 길 어깨에 위치할 경우에는 지표수가 직접 지하배수구의 필터에 침투할 염려가 있으므로 표면의 0.3m정도를 비교적 투수성이 낮은 흙으로 잘 다진다.

### 나. 횡단 지하배수구

횡단지하배수구는 도로의 연장방향의 지하배수구만으로는 불충분할 때에 설치하며 특히 횡단지하배수구가 필요한 장소는 도로가 절토부에서 성토부로 변화하는 경계 등이다. 지하수위가 높은 지반을 절토하면 절토 면에서 침투수가 유출하여 이에 접하여 시공하는 성토부에 물이 유입하는 수가 있으므로 이와 같은 경우에는 그림 4.56과 같은 횡단배수구를 설치한다.

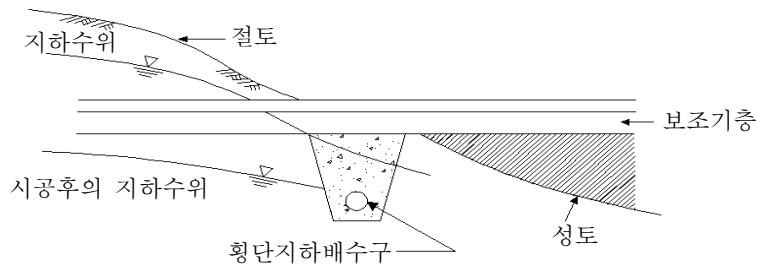


그림 4.56 횡단지하 배수정

또, 노상부에서 침입해 오는 물을 막기 위하여 차단 배수층과 병용하면 효과가 클 때가 있다. 횡단지하배수구는 노측의 지하배수구로 연결한다.

### 다. 차단 배수층

보조기층의 배수성이 충분하지 못하고 노상이 불투수층이거나 지하수위가 높고 침투수가 많을 경우에는 차단 배수층을 시공하는 경우가 있다. 일반적으로 보조기층은 투수성이 좋은 것으로 되어 있으나 사용하는 재료에 따라서는 투수계수가 의외로 적어 배수가 불량한 경우가 있다. 이와 같은 경우에는 보조기층하부에 투수성이 극히



큰 굵은 골재, 쇠석 등을 깔아 차단 배수층을 0.3m이상의 두께로 설치한다.

또, 차단 배수층에 따라 배수할 경우에도 배수량이 많을 때에는 그림 4.57과 같이 배수 층 내에 집수관을 배치하면 효과적이다. 그림 3.22와 같이 침투류가 있을 때는 배수층의 배수능력을 검토하여 차단 배수층의 두께를 충분히 하여야 한다.

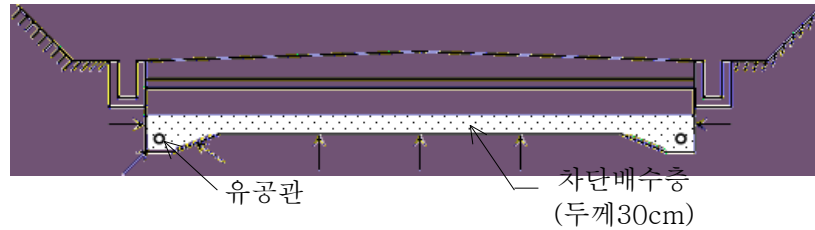


그림 4.57 차단배수층내에 매설한 집수관

(참고) 필터재료의 선정

배수구내에 유공관을 설치해서 되메울 경우 또는 노반 상에 차단 배수층을 설치할 경우에는 그 기능을 오래 유지시키기 위하여 필터재료는 투수성이 크고 입도배합이 좋은 천연의 굵은 골재 또는 입도조정을 한 굵은 골재, 부순 돌 등을 사용한다.

필터재료로서 필요한 조건은 입자자체가 안정성이 높고 풍화하거나 용해하지 않을 것과 입도곡선이 적절하지 않으면 안 된다. 필요한 입도곡선은 노상토의 입도곡선 및 유공관의 공의 크기에 관계가 있다. 즉 필터재료가 노상에서 흘러들어오는 미립자로 인하여 막히지 않는 조건으로서는

$$\frac{D_{15(\text{필터재료})}}{D_{85(\text{노상토})}} < 5$$

를 만족해야 한다. 여기서  $D_{15}$ ,  $D_{85}$  는 각각 입경가적곡선에서 통과중량백분율의 15%, 85%에 상당하는 입경이다. 또, 필터재료가 노상토에 비교해서 충분한 투수성을 갖는 조건으로서는

$$\frac{D_{15(\text{필터재료})}}{D_{85(\text{노상토})}} > 5$$

를 만족해야 한다.

필터재료의 입도는 유공관인 경우에는 다음과 같이 공의 크기에 따라서 정해진다.

$$\frac{D_{85(\text{필터재료})}}{D_{(공경)}} > 2$$

필터재료의 입경가적곡선은 그림 4.58과 같이 가능한 한 노상토의 입경가적곡선에 평행하고 모나지 않는 곡선이 좋다.

노상토에 꽤 큰 돌이 섞였을 경우에는 입경이 25mm이상인 입자를 제외한 흙에서 입경가적곡선을 만들어 필터재료를 선정한다.

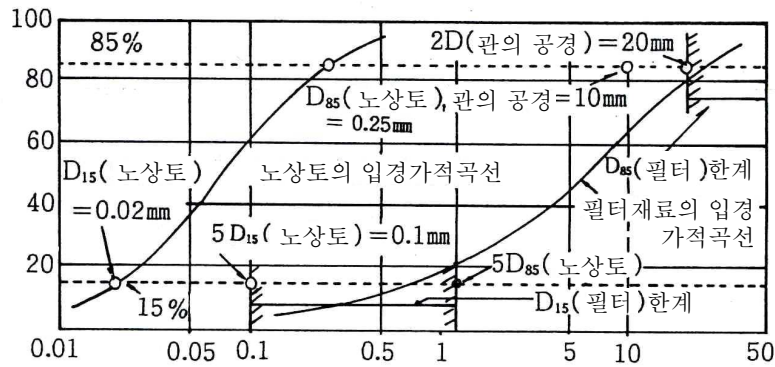


그림 4.58 필터재료의 입도곡선

#### 4.5.4 동상방지 대책

도로나 부대구조물은 그 기초인 노상과 보조기층의 동결융해작용으로 지지력이 저하되거나 연장방향 또는 횡단방향으로 요철을 일으켜 균열이 발생하는 수가 있으므로 동결융해에 대하여 충분히 검토해야 한다.

동결융해가 발생하는 지역에서 포설할 경우, 그 지역에서 필요한 치환심도를 구하여 교통량과 설계 CBR(California Bearing Ratio)에서 얻어지는 포장두께 (차단층이 있는 경우 이를 더한 두께)보다 치환심도가 클 때에는 동상을 일으키지 않는 재료로 그 차이만큼 노상토를 치환하든가 보조기층을 두껍게 한다.

동상방지대책은 이 밖에 지하수위를 저하시키든가 모관수의 상승을 차단하는 층을 설치하든가 또는 지표의 저온을 차단하는 단열층을 설치하는 등의 방법이 있으며 동해가 많은 지역에서는 이러한 방법을 조합함으로써 동상방지 효과를 얻을 수 있다.

##### 가. 동상방지층 재료

동상방지층의 재료는 강모래, 산모래, 슬래그, 깬 자갈, 막부순돌 등의 재료로 먼지 등의 유기물 등을 함유하지 않아야 한다.

1) 입도 및 강도

가) 입도

재료의 입도는 체에 따라 40mm와 80mm급으로 분류되고 체통과 중량백분율은 표 4.79 값의 범위를 말한다.

표 4.79 동상방지층용 조립재료의 입도

체의 호칭치수 (mm) 입도(mm)	체 통과 중량 백분율(%)			
	90	50.8	37.5	4.75
80	100	70 ~ 100	-	20 ~ 65
40	-	100	70 ~ 100	20 ~ 65

나) 강도

재료의 강도는 수정 CBR 30이상으로 한다.

2) 동상을 일으키지 않는 재료의 판정기준

- ① 모래 : 0.075mm 체를 통과하는 양이 전 시료의 6% 이상
- ② 깬 자갈 : 전 시료에 대해서 0.075mm체를 통과하는 양이 9%이하
- ③ 막 깬 부순 돌 : 전 시료에 대해서 0.075mm체를 통과하는 양에 대해서 15% 이하

나. 동결깊이 산정

동결지수는 포장내의 동결관입깊이를 산정하기 위한 대표적 척도로서, 포장구조와 노상토를 동결시키는 대기온도의 강도와 지속기간의 누가영향으로 표시된다. 동결지수의 단위는 ℃·일이며, 그림 1과 같이 어느 동결 계절동안의 누가 온도·일에 대한 시간곡선상의 최고점과 최저점의 차이로 나타난다. 동결지수의 산정은 대상지역의 인근측후소에서 관측한 일평균대기온도의 크기와 지속기간에 대한 30년 기록을 토대로 한다.

도로포장의 동결심도를 결정하는데 사용하는 값을 설계동결지수라고 하는데 설계동결지수의 산정은 대상 지역의 인근 측후소에서 관측한 30년간의 기상자료에서 추위가 가장 심하였던 3년간(즉, 동결지수의 최대 3년치)의 평균동결지수로 정한다. 만일 30년간의 기상자료가 없으면 최근 10년간의 최대동결지수를 설계동결지수로 산정할 수 있다.

동결지수는 측후소 위치에서 관측한 값을 토대로 한 것이므로, 설계노선의 표고에 대한 보정은 다음식을 이용하여 계산한다.

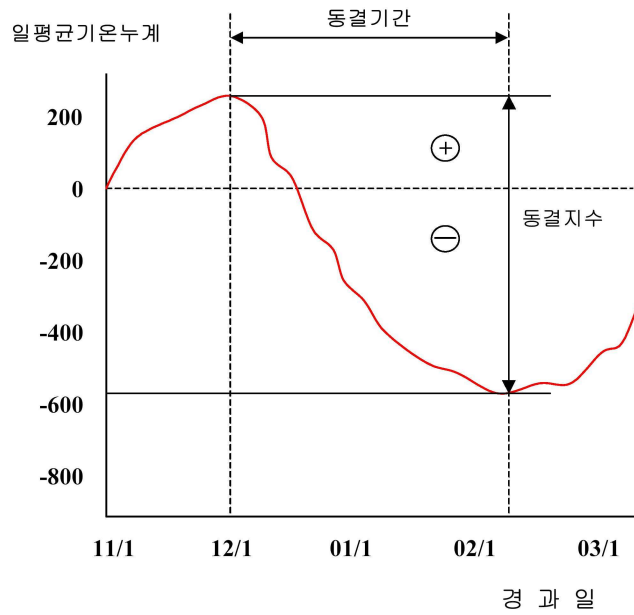


그림 4.59 동결지수 결정방법

$$\text{수정동결지수}(CENTIGRADE\text{일}) = \text{동결지수} + 0.5 \times \text{동결기간} \times \frac{\text{표고차}(m)}{100}$$

동결지수가 °F일 경우는 다음 식 적용

$$\text{수정동결지수}(^{\circ}F\text{일}) = \text{동결지수} + 0.9 \times \text{동결기간} \times \frac{\text{표고차}(m)}{100}$$

여기서, 표고차(m) = 설계노선최고표고(m) - 측후소지반고(m)

이와 같이 산출된 수정동결지수를 동결심도 산정모델에 적용하여 해당지역의 설계 동결깊이를 결정하게 된다.

동결지수는 1970년부터 2001년까지 30여년간 전국 66개소의 기상측후소에서 관측된 기상자료를 토대로 결정하였으며, 지역별 동결지수 산정결과는 표 참고 1과 같으며 개정된 전국의 지역별 동결지수선도는 그림 참고 1과 같다.

표 참 1 지역별 동결지수 및 동결기간

지 역	측후소 지반고(m)	동결지수 (℃·일)	동결기간 (일)	지 역	측후소 지반고(m)	동결지수 (℃·일)	동결기간 (일)
속초	17.6	181.6	66	함천	32.1	193.0	62
대관령	842.0	873.8	127	거창	224.9	278.2	74
춘천	74.0	539.0	92	영천	91.3	237.8	64
강릉	26.0	167.2	57	구미	45.5	278.1	76
서울	85.5	380.9	80	의성	73.0	425.2	78
인천	68.9	354.7	78	영덕	40.5	138.8	57
원주	149.8	613.0	94	문경	172.1	279.4	55
울릉도	221.1	129.3	32	영주	208.0	417.8	77
수원	36.9	468.4	79	성산포	17.5	-	-
충주	69.4	528.4	89	고흥	60.0	83.5	49
서산	26.4	313.2	76	해남	22.1	102.6	49
울진	49.5	121.6	57	장흥	43.0	130.1	52
청주	59.0	411.6	78	순천	74.0	179.9	64
대전	67.2	317.7	68	남원	89.6	272.4	67
추풍령	245.9	303.9	78	정읍	40.5	223.9	61
포항	2.5	98.5	52	임실	244.0	420.3	86
군산	26.3	194.9	61	부안	7.0	244.7	61
대구	57.8	160.9	54	금산	170.7	372.5	77
전주	51.2	233.5	61	부여	16.0	330.0	74
울산	31.5	83.6	46	보령	15.1	254.8	76
광주	73.9	141.4	55	아산	24.5	405.4	78
부산	69.2	49.6	27	보은	170.0	461.7	76
통영	25.0	37.4	27	제천	264.4	610.2	91
목포	36.5	75.6	33	홍천	141.0	635.4	98
여수	67.0	62.2	31	인제	199.7	614.5	91
완도	37.5	38.1	26	이천	68.5	511.0	89
제주	22.0	4.1	3	양평	49.0	619.7	91
남해	49.8	74.3	38	강화	46.4	486.2	89
거제	41.5	52.1	39	진주	21.5	132.8	51
산청	141.8	141.8	49	서귀포	51.9	-	-
밀양	12.5	180.2	62	철원	154.9	685.0	109

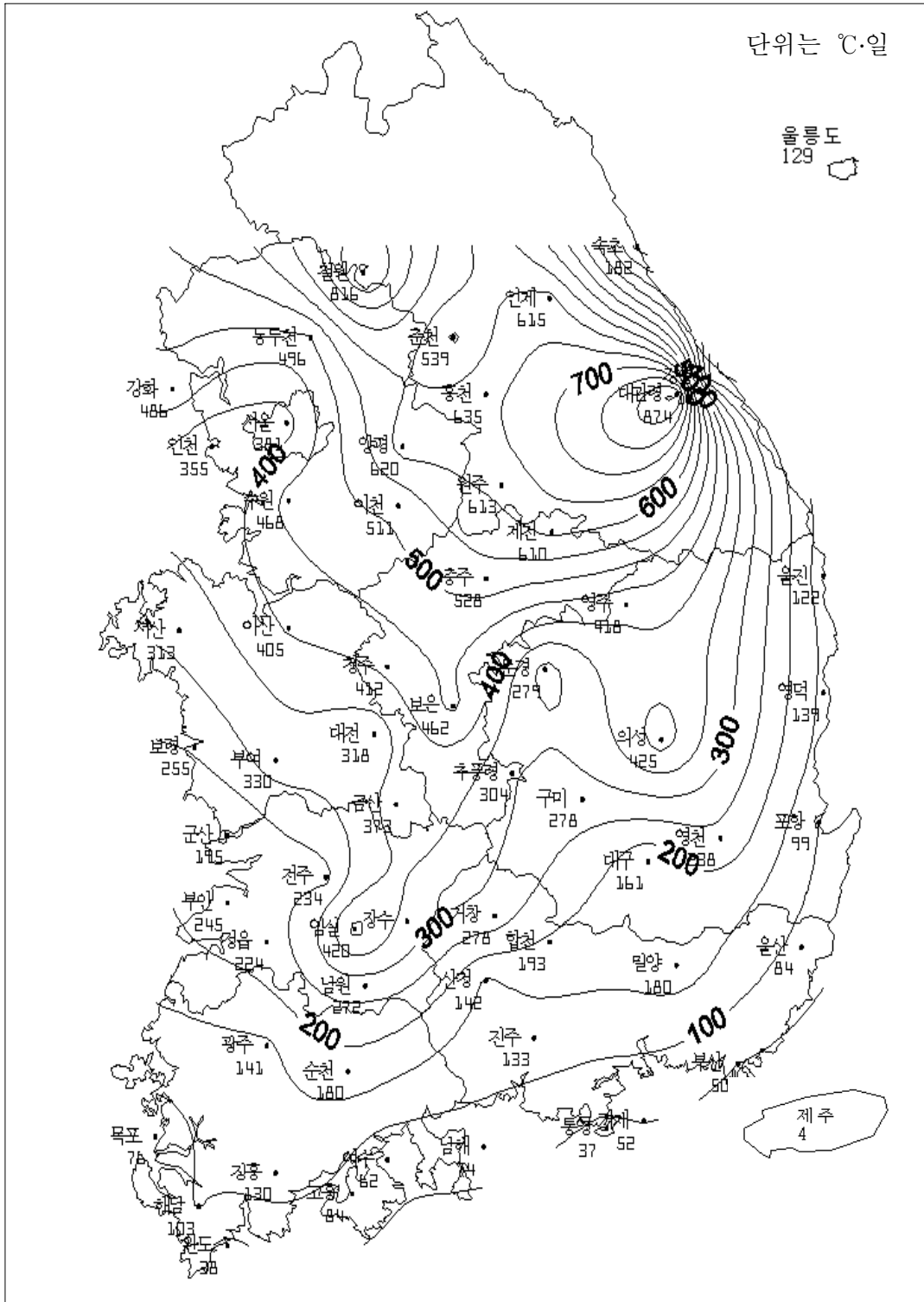


그림 참 1 전국동계동결지수선도

설계동계동결지수를 구하기 위하여 표 참 2에서 표고 100m를 기준으로 하여 해당좌표의 동계동결지수를 제시하였으므로, 이 표에서 해당 지역의 동계동결지수를 간편하게 구할

수 있다.

표 참 2 좌표별 전국동결지수

(단위 : °C·일)

북위(radian) \ 동경(radian)		34			35					36	
		0.40	0.63	0.83	0.02	0.22	0.41	0.61	0.80	0.03	0.23
126	0.4	77	99	94	121	151	184	213	228	240	264
	0.6	66	120	122	133	158	196	236	245	235	277
	0.8	60	123	139	142	160	208	247	256	256	316
127	0.0	73	126	146	158	185	233	261	257	286	343
	0.2	68	106	133	173	216	271	317	271	301	332
	0.4	53	70	50	158	210	268	319	315	328	337
	0.6	42	61	92	135	176	219	264	294	323	348
	0.8	36	62	91	120	143	158	221	265	289	318
128	0.0	29	56	84	116	142	155	210	246	257	254
	0.2	20	42	69	108	150	180	215	234	265	282
	0.4	11	30	48	95	142	180	201	215	271	322
	0.6	5	25	52	90	137	182	196	182	261	360
	0.8	-	19	44	76	122	179	195	198	264	347
129	0.0	-	10	29	50	91	138	168	194	245	286
	0.2	-	-	16	35	65	99	128	154	185	211
	0.4	-	-	-	25	47	72	93	112	126	150

주) 표고 100m 기준

표 참 2 좌표별 전국동결지수(계속)

(단위 : °C·일)

북위(radian) 동경(radian)		36			37					38	
		0.42	0.62	0.81	0.01	0.20	0.43	0.63	0.82	0.02	0.21
126	0.4	294	320	343	368	387	416	478	501	491	484
	0.6	315	345	368	388	394	377	431	473	481	480
	0.8	353	379	405	425	431	399	403	444	469	477
127	0.0	374	404	440	463	487	441	410	451	472	478
	0.2	366	411	453	483	505	505	493	493	493	487
	0.4	356	421	468	499	519	586	579	545	520	500
	0.6	397	444	484	522	552	621	615	569	534	509
	0.8	383	426	480	545	577	612	617	582	548	514
128	0.0	305	343	431	522	569	597	605	592	568	512
	0.2	285	280	377	477	536	559	564	558	550	465
	0.4	337	339	373	429	477	506	508	481	426	346
	0.6	401	373	368	389	417	443	449	386	312	220
	0.8	385	359	342	342	351	358	357	276	221	178
129	0.0	308	303	290	282	277	260	214	161	152	139
	0.2	226	226	218	208	200	180	151	125	113	108
	0.4	162	163	156	143	142	131	114	99	90	87

주) 표고 100m 기준



(참고) 동상방지층두께 산출 계산 예

[사례]

『안동에 설계노선의 최대표고가 150m인 도로를 건설하고자 한다. 동상방지층 두께를 구하시오.』

- 조건 : 포장단면(표층 5cm, 기층 20cm, 보조기층 30cm),  
노상토의 함수비  $w=15\%$ , 보조기층의 함수비  $w=7\%$ ,  
보조기층 재료의 건조단위중량  $\gamma_d=2.16g/cm^3$

1. 도표를 이용한 계산법

(1) 동결지수

안동의 좌표는 북위 36. 33', 동경 128. 43'이므로 이를 radian값으로 환산하면 북위 36.55, 동경 128.72가 된다. 표 2에서 해당좌표에 대한 동결지수를 보간법으로 구할 수 있으나 동결심도에 큰 영향을 미치지 않으므로 가장 가까운 좌표인 북위 36.62, 동경 128.8에서의 동결지수를 구하면 동결지수는 359℃·일이 구하여진다. 표고를 보정하기 위한 수정동결지수는 앞의 식으로부터 구할 수 있다.

위식에서 동결기간은 가까운 측후소 3개소의 평균값 또는 가장 가까운 측후소의 동결기간을 사용하며, 이는 동결지수에 미치는 영향이 크지 않으므로 가장 가까운 측후소의 동결기간을 사용하는 것이다. 여기서는 가장 가까운 측후소인 영주의 동결기간이 표 1에서 77일이므로 수정동결지수는 다음과 같이 구한다.

$$\text{수정동결지수} = 359 + 0.5 \times 77 \times \frac{(150-100)}{100} = 378 \text{ CENTIGRADE일}$$

(2) 동상방지층두께

상기에서 구한 동결지수가 378℃·일로 나왔으므로 미공병단에서 제시된 도표를 활용하기 위해서는 화씨의 동결지수로 변환해야 한다. 동결지수는 일평균기온과 임의의 기준온도와의 차이를 1일의 기간으로 곱한 값이며, 화씨로 표시된 동결지수를 구하기 위해서는 섭씨로 구한 동결지수에 1.8을 곱하면 된다. 그러므로 화씨로 표시된 동결지수로 변환하면 680°F·일을 구할 수 있다. 보조기층의 함수비는 7%, 건조단위중량이 2.16  $g/cm^3$ 이므로 그림 참 2에서 완전방지법에 의한 동결심도는 115cm로 산출된다. 노상동결관입허용법에 의한 동결심도는 그림 참 3의 도표를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

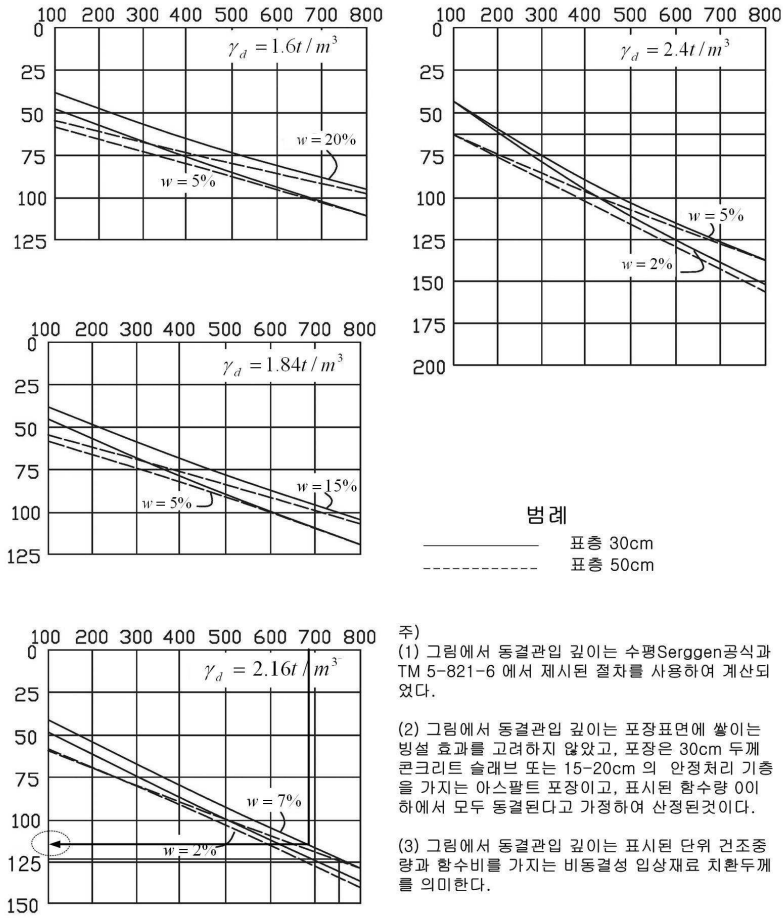
$$c = a - p = 115 - 25(\text{표층}5\text{cm}, \text{기층}20\text{cm}) = 90\text{cm}$$

여기서, c : 비동결성 재료 치환 최대깊이(cm)  
a : 설계 동결관입깊이(cm)  
p : 콘크리트포장의 슬래브두께 또는 아스팔트포장의 아스팔트 혼합물  
층 두께(cm)

$$r = \frac{\text{노상토의함수비}(w_s)}{\text{보조기층의함수비}(w_b)} = 15/7 = 2.1$$

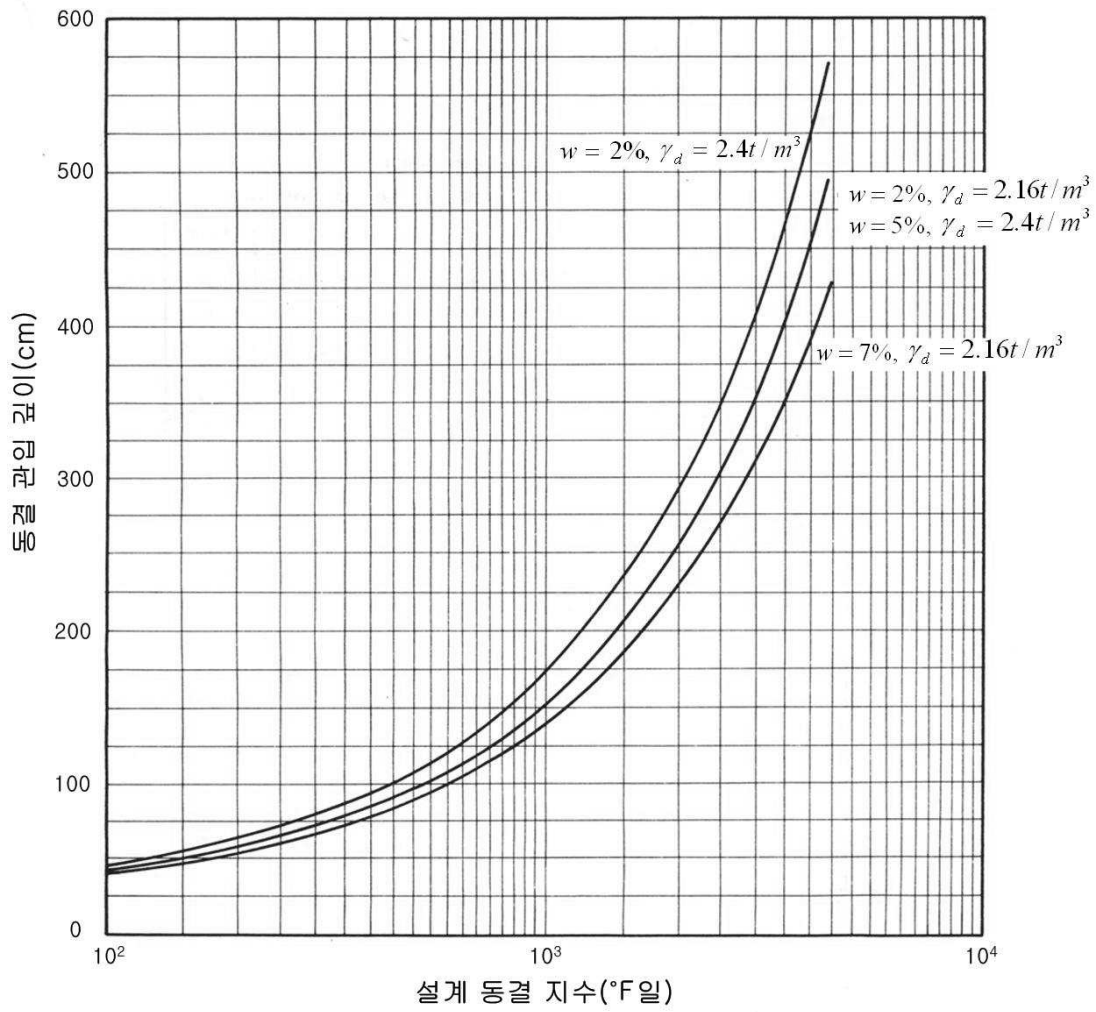
r=2.1이므로 중차량 교통량이 많은 곳에서 r값은 2.0보다 큰 경우 2.0을 적용한다.  
여기서, 중차량 통과지역은 대형차(화물차, 버스, 특수자동차)교통량이 1일 1방향  
1,000대 이상인 지역을 말한다. 그림 참고 3의 도표에서 c=90cm의 연직선과 r=2.0선의  
만나는 점의 좌측값인 비동결성 재료층의 두께 b=60cm를 얻을 수 있다. 동상방지층  
의 두께는 비동결성 재료층의 두께 60cm에서 보조기층의 두께 30cm를 뺀 30cm이다.  
따라서 노상동결관입허용법에 의한 동결심도는 85cm (p+ b=25+ 60)이다.

설계 동결 지수(°F 일)

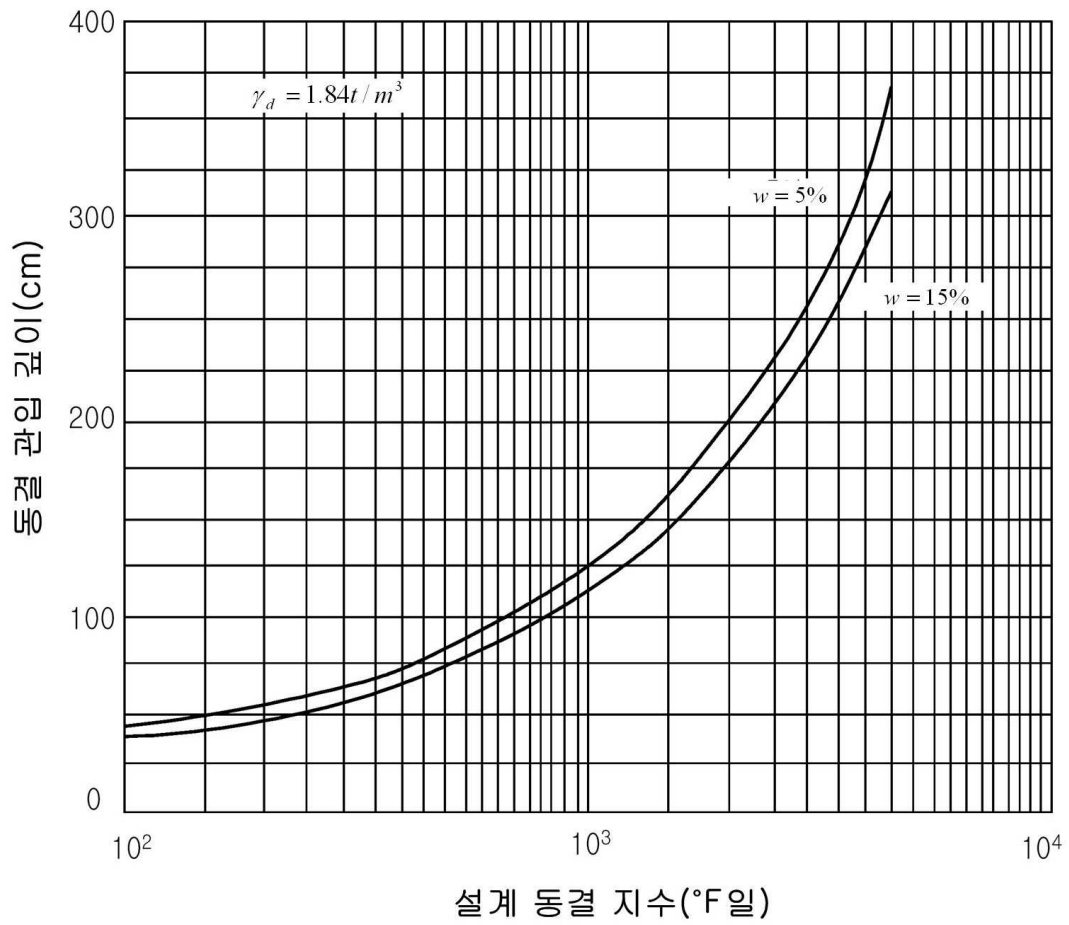


설계 동결 지수 800 °F 일 이하의 경우

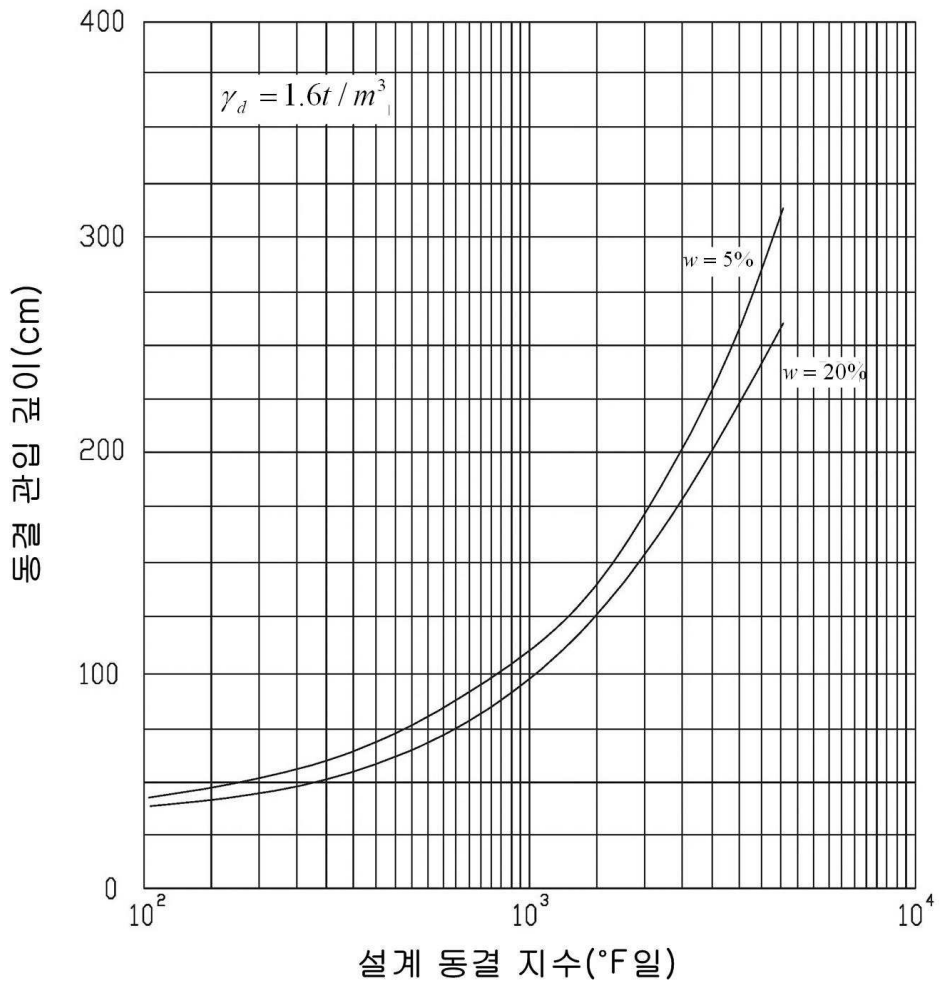
(a) 설계동결지수 800°F·일 이하의 경우  
그림 참 2 동결관입깊이와 설계동결지수 상관 도표(1)



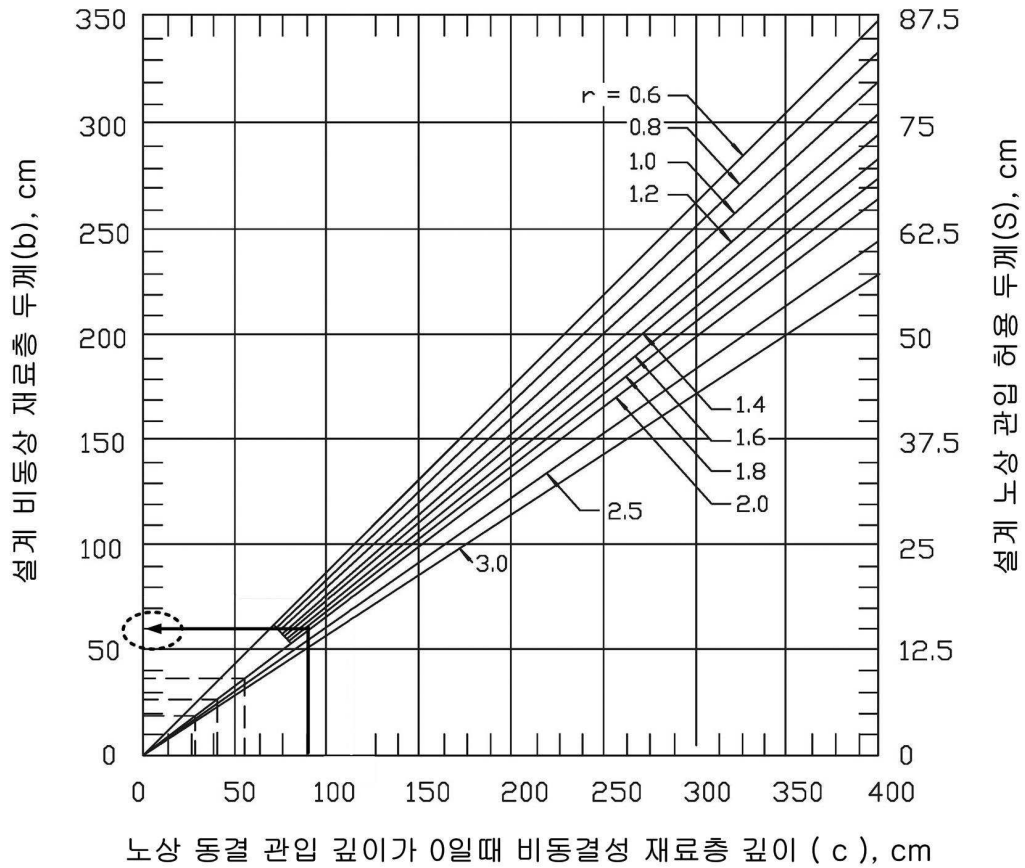
(b) 설계동결지수 800°F·일 이상의 경우  
 그림 참 2 동결관입깊이와 설계동결지수 상관 도표(2)



(c) 설계동결지수 800°F·일 이상의 경우  
 그림 참 2 동결관입깊이와 설계동결지수 상관 도표(3)



(d) 설계동결지수 800°F·일 이상의 경우  
그림 참 2 동결관입깊이와 설계동결지수 상관 도표(4)



$a$  = 노상 동결 관입을 허용하지 않는 비동결성 재료층과 표층 두께의 합

$$c = a - p$$

$W_b$  = 비동상 재료층의 함수비

$W_s$  = 노상토 함수비

$$r = \frac{W_s}{W_b} \quad \begin{array}{l} \text{중차량 통행지역} \leq 2.0, \\ \text{저교통량 통행지역} \leq 3.0 \end{array}$$

예,  $c = a - p$        $c = a - p$   
 $c = a - p$        $c = a - p$

그림 참 3 노상동결관입허용법에 의한 설계비동결성 재료층 두께 결정 도표

## 2. 간편계산법

미공병단에서 제시된 비동결성 재료층두께 결정도표를 활용하기 위해서는 섭씨의 동결지수를 화씨의 동결지수로 변환해야 한다. 표 참 3에서는 동결지수를 화씨의

단위변환 없이 바로 사용할 수 있도록 하기 위해서 보조기층의 함수비와 건조단위중량이 7%,  $2.16 \text{ g/cm}^3$ 일 때의 완전방지법에 의한 동결심도를 구하였다.

표 참 3 완전방지법에 의한 동결심도

동결지수 ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{일}$ )	200	250	300	350	400	450	500	550	600
동결심도 (cm)	76	88	100	109	118	126	133	139	144
동결지수 ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{일}$ )	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050
동결심도 (cm)	148	152	156	160	164	168	172	175	180

(보조기층 함수비 7%, 건조단위중량  $2.16\text{g/cm}^3$ )

노상동결관입허용법에 의한 동결심도를 간편하게 계산할 수 있도록 표 참 4에 제시하였다.

표 참 4 노상동결관입허용법에 의한 동결심도

$r(ws/wb)$	동결심도, $z(\text{cm})$
1.6	$0.71a + 0.29p$
1.8	$0.69a + 0.31p$
2.0	$0.66a + 0.34p$
2.5	$0.61a + 0.39p$
3.0	$0.58a + 0.42p$

주) a : 완전방지법에 의한 동결심도(cm)

p : 콘크리트포장의 슬래브두께 또는 아스팔트포장의 아스팔트 혼합물층 두께(cm)

ws, wb : 노상, 보조기층의 함수비

$r(ws/wb)$  : 중차량 통행지역은 2.0이하, 저교통량 통행지역은 3.0이하

앞의 문제를 간편 계산법으로 계산하면  $378^{\circ}\text{C}\cdot\text{일}$ 에 해당하는 완전방지법에 의한 동결심도는 표 참고 3에서 다음과 같이  $114.04\text{cm}$ 로 계산되며, 소수점이하는 안전측으로 설계하기 위하여 절상을 하면  $115\text{cm}$ 로 구할 수 있다.

$$a = 109 + \frac{(118 - 109)}{(400 - 350)} \times (378 - 350) = 114.04 \text{ cm} \rightarrow 115 \text{ cm}$$



노상동결관입허용법에 의한 동결심도는 표 4에서  $r=2.0$ 일 때 동결심도는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$z=0.66 \times 115 + 0.34 \times 25 \doteq 85 \text{ cm}$$

따라서 동결심도는 85cm로 구할 수 있다.

$r=2.3$ 일 경우에는 표 참고 4에서  $r=2.0$ 일 때  $z=85$ cm와  $r=2.5$ 일 때  $z=80$ cm로부터 다음과 같이 보간하여 동결심도는 82 cm로 구할 수 있다.

$$z=85 + \frac{(80-85)}{(2.5-2.0)} \times (2.3-2.0) = 82 \text{ cm}$$

## 4.6 주요구조물

### 4.6.1 일반사항

교량, 터널 등의 주요구조물은 그 사용목적에 적합하고 안전하며 경제적이어야 한다. 또한 주위 경관과의 조화 및 환경보전문제를 검토하여야 한다.

교량, 터널 등의 주요구조물은 토공과 비교하여 공사비가 고가이고 파괴되었을 경우 복구가 쉽지 않으므로 농도의 사용목적인 안전성, 쾌적성 등을 만족하는 외에 경제적이고 유지, 보수가 쉬워야 한다. 또한 주변 자연환경과의 조화와 환경보전을 고려해야 한다.

### 4.6.2 교량

교량의 설계에서는 가교예정지 부근의 지형, 지질, 하수상황, 주변의 구조물 등을 충분히 파악하여 적절한 가교위치, 선형 및 구조를 결정해야 한다. 분단된 2개의 영역을 연결하는 본래의 기능에 더하여 교량경관의 지역자원으로의 활용과 환경보전 측면을 고려해야 한다.

#### 가. 교량의 구성

교량의 구성과 명칭을 나타내면 그림 4.60와 같다.

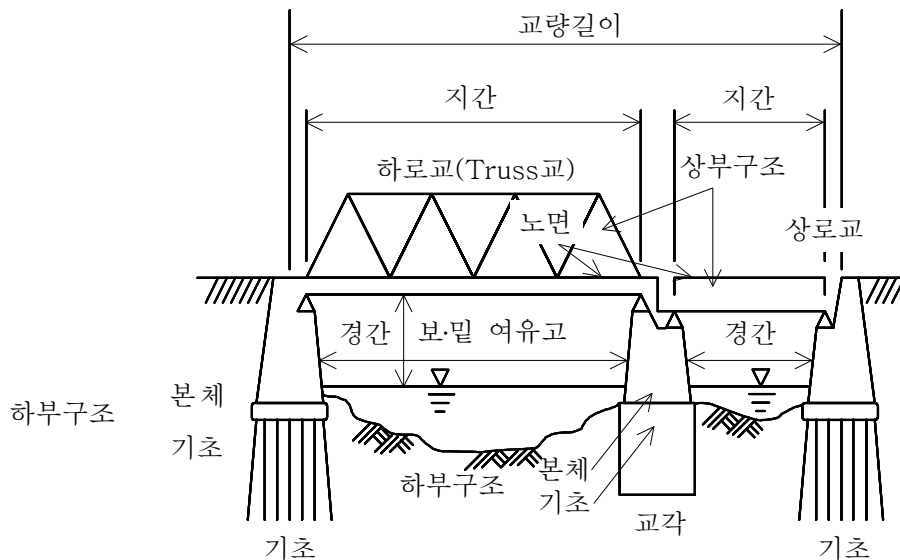


그림 4.60 교량의 구성과 명칭

#### 나. 위치선정

교량의 위치는 전후노선과 조화가 되고 하천 등의 피행단물에 대하여 지장이 적

으며 안전하고 경제적으로 가교할 수 있는 지점을 선정한다.

하천을 횡단할 경우의 위치는 하천의 분기점, 합류점, 굴곡부 등을 피하는 것이 좋다. 또, 교량의 구조 및 시공성으로는 하도(河道)나 하상(河床)이 안정된 장소, 직선부로 될 수 있는 구간, 지질이 양호하고 수심이 낮은 장소 및 하폭이 비교적 좁은 장소가 좋다.

도로, 철도, 골짜기 등을 횡단할 경우에는 피횡단물의 이용, 구조에 지장이 없는 위치를 선정한다. 그러나 철도의 노선선형, 공사비, 하천관리상의 제약조건 등에 따라 위치선정이 좌우될 경우가 많으므로 충분히 검토해야 한다.

## 다. 선형

### 1) 평면선형

교량은 직교로 하는 것이 구조, 시공 하천관리상 바람직하다. 그러나 진후 농도선형의 연속성에서 사교로 할 경우도 있다. 이 경우 가능한 한 직각에 가까운 각도로 하고, 약간의 사각이 된다 하더라도 하부구조를 검토하여 보 받침 선을 교축에 직각으로 할 수 있는 경우도 있다. 사각은 60° 이상으로 하고 그 이하로 할 경우에는 특별한 검토를 하여야 한다.

곡선교는 교량의 구조와 경제적인 점에서 사교보다 더 불리한 경우를 제외하고는 채용하지 않는다. 부득이 농도의 곡선부에 들어갈 경우에는 직선 보를 사용하여 상판의 내민 부분이 처리될 수 있는 곡선반경으로 하는 것이 좋다.

### 2) 종단선형

종단선형은 가교지점의 조건에서 정해지는 교면높이에 맞추는 동시에 종단선형의 연속성을 고려하여 전후의 종단기울기와 조화를 이루도록 계획한다.

평지부에서 하천을 횡단하는 교량인 경우 보 밑 여유고는 일반적으로 하천의 계획고수위에 표 4.82에 표시한 값 이상으로 해야 한다. 또 도로, 철도 등을 횡단하는 교량인 경우에는 피 횡단물의 건축한계를 확보하고, 그 보의 전체 높이 (포장 표면까지를 포함)를 더한 교면높이가 농도의 종단선형의 지배조건으로 되는 수가 많은데 그 경우에는 교량의 중앙부를 정점으로 하는 철형(凸形: Concave) 종단곡선 (구배 1/100 ~ 1/200)을 설정한다. 이 경우 건축한계에 공사, 보수, 제설, 포장의 덧씌우기(overlay) 등에 대한 여유(freeboard)에 대해서도 충분히 검토해야 한다.

표 4.82 하천을 횡단하는 교량의 보 밑 여유고(Clearance)

계획고수(高水) 유량(m <sup>3</sup> /s)	보 밑 여유고(m)
200 미만	0.6
200이상 500미만	0.8
500이상 2,000미만	1.0
200이사 5,000미만	1.2
5,000이상 10,000미만	1.5
10,000이상	2.0

산악부의 골짜기를 횡단하는 경우, 농도의 종단선형이 요형(凹形: Convex)이 될 때에는 교량전체의 선형도 농도에 맞추어 요형으로 하면 된다. 그러나 주보 자체에 요곡선(凹曲線)을 붙이는 것은 좋지 않으므로 노면곡선은 포장으로 처리하는 것이 좋다.

편기울기(Super-elevation)구간에서는 농도에 맞추어 교량을 가설하는 것을 원칙으로 하나 그 기울기는 6~7% 이하로 한다.

### 라. 교량길이 및 경간 길이

하천에 가설되는 교량길이는 고수(high water level)시의 유수에 장애가 없고, 또 유수에 의하여 교대가 피해를 받지 않도록 하고 경간 길이는 하천관리상 지장이 없고 교량전체가 가장 경제적이 되도록 적절히 정한다. 또 도로나 철도를 횡단하는 경우에는 교량 밑 공간에서 건축한계가 확보될 수 있는 교량길이 및 경간 길이를 정한다.

#### 1) 교량길이

하천에 가설되는 경우의 교량길이는 하폭에 의해 정해지지만 하천관리자와 협의해서 하천개수계획의 유무와 장래 하천부지내의 계획과 부합하도록 교량길이를 결정해야 한다.

#### 2) 경간길이

- ① 하천을 횡단하는 교량의 경우, 경간 길이는 홍수가 유하하는 방향과 직각방향의 거리를 나타내고 하천관리상 일정한 경간 길이로 해야 한다.
- ② 도로, 철도, 골짜기 등을 횡단하는 교량의 경우, 피횡단물의 건축한계 및 횡단부의 토지이용 등을 고려하여 경간을 분할한다. 이 경우 피 횡단물의 증설 및 폭을 넓히려는 계획이 있으면 이에 대해서도 고려해야 한다. 또 교대, 교각 및 이들의 기초공이 도로, 철도 등의 이용과 구조에 지장이 없고 시공에 대해서도 안전하며

경제적인 경간분할을 한다.

## 마. 구조

### 1) 상부구조

#### 가) 형식의 선정

상부구조의 형식은 지간길이에 따라, 또 현장입지조건에 따라 경제성, 구조특성, 시공성, 유지관리 등을 검토하고 환경과의 조화나 미관을 고려하여 선정한다.

상부구조는 교량길이, 경간 길이 등의 조건을 비롯하여 지형, 주위환경 등을 고려하여야 하며 지간길이 및 하부구조와의 관계와 이들 각각의 특징을 살릴 수 있는 형식으로 선정해야 한다. 또 농어촌의 생활환경개선을 위하여 장래 상하수도관, 케이블관 등을 교량에 첨가할 필요가 있을 때도 있으므로 이에 대해서도 충분히 검토하는 것이 중요하다.

#### 나) 설계자동차하중 및 보도에 작용하는 하중

교량의 설계에 사용하는 설계자동차하중 및 보도 등에 부하되는 하중은 농도의 종류, 교통량, 교통기종, 폭 및 보도의 유해를 고려하여 적절히 결정한다.

교량의 구조설계에 사용하는 설계자동차하중은 다음에 기술된 내용을 기준으로 하는데 기간농도나 간선농도에 있어서는 차량하중(DB)-24, 차량하중(DB)-18 또는 이에 준하는 차선하중(DL)을 적용하고, 지선농도와 경작도(耕作道)에 있어서는 당해 도로의 교통상황에 따라 DB-13.5 또는 이에 준하는 차선하중(DL)을 적용한다.

그러나 지선농도 또는 경작도라 하더라도 대형차 교통량이 많거나 장대교일 경우, 또는 앞으로 교통량이 증가할 가능성이 있는 도로에는 지선농도 또는 경작도라도 DB-24, DB-18 또는 이들에 준하는 차선하중(DL)을 적용해야 한다.

설계에 대한 제반사항은 건설교통부 제정 “도로교 표준시방서”를 참조한다.

### 2) 하부구조

#### 가) 형식선정

하부구조의 형식은 상부구조의 형식, 하중, 지형, 하천상황, 기초지반, 시공조건 등을 고려하여 하천관리에 지장이 없고 안전하며 경제적인 형식을 선정한다.

하부구조 즉, 교대, 교각 및 기초공의 형식은 하부구조의 형식, 폭, 지간길이, 하중 등을 고려하고 지형, 하천상황, 피형단물, 기초지반 등을 조사하여 그 지점에 가장 적합하고 구조적으로도 안전하며 경제적인 것으로 해야 한다.

가교지점의 입지조건에 따라서는 하부구조의 조건에 따라서 하부구조의 지간분할이나 지간길이가 제약되는 수도 있다. 특히 하천상황에 따라서 교대와 교각의 합리적인 설치로 유수장해, 세굴 또는 침식 등이 발생하지 않도록 하는 것이 하천관리상이나 하부구조자체의 안정상 필요하다. 도로, 철도 등을 횡단할 경우에는 이들의 이용

에 지장이 없도록 해야 한다. 또 기초지반의 상태는 하부구조의 기초형식이나 근입(根入) 깊이(imbedded depth)를 정하는 것이 중요하며 지질자료조사, 기존구조물의 조사, 지표 및 노두(露頭)조사, 이밖에 필요에 따라서 물리탐사, 보링, 관입시험(penetration test) 등을 하여 그 지반의 구성이나 지지력, 홍수시의 하상이동범위, 피횡단물의 기초 구조 등에 대해서 충분히 조사해야 한다.

#### 나) 교대

교대는 가설지점의 지형, 지질상태 등을 고려하여 하천관리에 지장이 없는 위치에 선정하고, 상부구조에서는 하중과 함께 배면에서의 토압 등 교대자체에 작용하는 하중에 대해서도 안전하게 지지할 수 있는 형식으로 한다.

교대는 교량전체의 배치 및 접근도로와의 관계를 고려하여 하천관리, 피횡단물의 이용 등에 지장이 없는 위치에 선정한다.

교대를 하천제방에 설치하는 경우, 하폭이 50m미만의 경우에는 교대의 전면이 제방의 걸 비탈 어깨 보다 앞으로 내밀지 않도록 하고, 하폭이 50m이상의 경우에는 계획고수위와 제방비탈면의 지점보다 앞으로 나오지 않도록 한다. 또 교대의 걸면은 제방의 구조에 지장이 미치지 않도록 하기위해 필요한 조치를 강구해야 하며 제방비탈선과 평행하게 설치해야하고 교대의 바닥 면은 제방의 지반에 정착시켜야 한다.

교대는 상부구조를 지지하는 동시에 접근도로의 토류벽(土留壁 : Soil retaining wall) 역할도 한다. 따라서 배면에서의 토압을 구체(驅體 : Wall structure)가 안전하게 지지하는 동시에 배면성토의 보호를 위하여 날개벽 또는 옹벽을 설치하는 수가 많다.

#### 다) 교각

교각은 유수 등에 장애가 적고 상부구조로 부터의 하중 및 교각자체에 작용하는 하중을 안전하게 기초지반에 전달하며 세굴이나 하상 저하 등에 대해서도 안전한 근입깊이를 갖는 형식으로 한다.

교각의 위치는 하천관리 등에 지장이 없도록 선정하고 하천에 교각을 설치할 경우 복 단면(複斷面)하천에서는 저수호안(低水護岸)을 피한다. 또 근접한 위치에 기설 교량 등의 하천구조물이 있는 경우에는 그 영향에 대해서 검토해야 한다. 교각의 방향은 고수위의 유수방향에 평행하게 하고 폭과 형상은 유수에 대한 저항이 적고, 유하물이 잘 걸리지 않게 하며 하상의 국소세굴이 최소한이 되도록 한다. 세굴에 대해서는 충분히 안전한 근입깊이를 주어야 한다. 세굴깊이는 계획고수시 수심의 80%로 하고 기존교각에서의 실례(實例)나 교각의 폭, 하상재료, 유속 등을 감안하여 추정한다. 교각의 푸팅(Footing)상면이나 케이슨(Caisson)의 천단(天端 : top-end)은 홍수 시에 노출되면 유출에 심한 장애를 주므로 하천관리상 이들의 높이는 원칙적으로 계획 하상 면에서 저수로 및 저수로의 하상비탈어깨로 부터 20m이내의 고수부지에서는

1m이상의 깊이로 한다. 도로, 철도 등을 횡단하는 교량의 교각은 이들의 이용에 지장이 없고 사고에 의해 교각이 손상되지 않도록 배려해야 한다.

#### 라) 기초공

기초공은 교대 또는 교각에서 전달되는 하중을 안전하게 기초지지층에 전달하는 동시에 내구성을 갖는 구조로 한다. 기초공법은 하중조건이나 입지조건에 대하여 시공이 확실하고 경제적인 공법을 선정한다.

### 바. 교량과 주변 환경과의 관계

#### 1) 경관속의 교량

(1) 교량의 위치는 전체노선을 고려하여 정한다. 한 노선에 복수노선이 있을 경우에는 그 노선내에서의 통일성을 바탕으로 각 교량의 디자인을 검토한다.

(2) 교량위의 공간은 주위 경관을 즐기는 공간으로 할 수 있다.

(3) 교량의 디자인은 독자성과 매력을 증가시키기 위하여 교량주변의 자연, 사회, 역사, 문화 등의 요소자원을 고려한다.

(4) 교량의 교대와 교각의 주위는 관목 등으로 앞을 가리는 것이 좋다.

#### 2) 교량의 경관

(1) 교량의 모양은 보는 위치에 따라 달라지므로 주위 환경과의 조화에 유의하여 뛰어난 경관이 연출될 수 있도록 한다.

(2) 교량의 구조선택은 경관과의 조화를 고려하여 디자인한다.

(3) 교량의 색채는 재료의 색채를 자연적으로 살리는 경우와 표면에 색칠을 하는 경우가 있다. 색칠을 하는 경우에는 교량자체의 색과 배경 색과의 조화가 중요하다. 배경색은 주위의 환경에 따라 달라지므로 지배적인 색을 찾아내어 그 색과 교량 색과의 조화를 검토해야 한다. 배경색과의 조화에 대해서는 “강조”, “융합”, “중립”의 방법이 있다.

◦ 강조: 배경의 기초 색과 비교하여 눈에 띄는 색깔을 선택함으로써 교량을 강조한다.

◦ 융합: 배경과 교량의 색깔을 유사하게 하여 대비가 약하게 한다.

◦ 중립: 배경 색깔을 강하게 교량의 색을 은은하게 함으로써 교량의 기품을 강조한다.

#### 3) 교량의 상부

(1) 난간은 교량본체에 대한 하중의 영향, 사고 방지 등 기능적 측면에서 안전하게 하되 교량의 이미지 연출에 이용하도록 한다.

(2) 교량의 보도는 차량통행 부분과 구분이 되도록 하는 것이 바람직하다. 차·

보도 사이에 방책을 설치할 수도 있고 단차를 둘 수도 있다.

### 4.6.3 터널

터널의 설계에서는 지형, 지질 및 환경조건의 조사결과와 시공실적을 기초로 안전하고 경제적인 구조물이 되도록 선형, 지보공(支保工), 라이닝 등을 결정해야 한다. 또한 터널 이용자들에게 주행상 위화감과 불안감을 주지 않도록 하고, 터널 입·출 시에 명암의 급격한 변화를 방지하고, 특히 입구는 주변경관과 조화되도록 터널형식과 벽면처리에 대해 검토해야 한다.

터널의 설계에서는 조사결과를 기초로 하여 사용목적이나 소요규격과 구조를 충분히 이해한 후 계획터널의 원지반이나 입지조건을 검토하여 터널이 안전하고 합리적으로 시공되고 완성후의 유지관리를 고려한 것이어야 한다.

도로터널의 경우 사람 및 차량의 교통을 목적으로 하고 계획터널의 원 지반조건이나 입지조건을 고려하는 외에 방재, 조명 등의 부속시설도 고려하여 터널의 설계를 해야 한다.

터널은 일반적으로 개축 및 보수가 곤란하므로 내구성에 대해서도 충분히 고려해야 한다.

터널은 운전자로 하여금 주행상 위화감과 불안감을 줄 수 있으므로 주로 터널입구 경관처리와 내부장식과 조명시설 설치 시 충분한 검토를 해야 한다. 특히 운전자의 터널통과 시 급격한 명암의 변화에 의한 사고예방 시설을 고려함이 바람직하다.

#### 가. 노선의 선정

터널의 계획노선은 구조상, 시공상의 기술면에서 갱구 및 통과구간의 지질이 양호하며 시공에 편리한 노선이 바람직하고, 공사비 면에서 보면 단위길이 당 공사비가 고가이기 때문에 그 길이가 될 수 있는 한 짧은 편이 유리하다. 그러나 경제면에서는 건설공사비뿐만 아니라 전후의 접근도로 부분도 포함한 유지관리비, 주행경비 등을 고려하여 종합적으로 판단해야 한다.

또 완성 후 이용자가 안전하게 통행할 수 있는 선형이 되고 재해에 대해서도 안전성이 높아야한다. 더욱이 통과노선 위에 또는 주변에 각종 물건, 권리나 공사상의 제약과의 관계, 환경보전에 대해서도 검토하여 종합적으로 가장 좋은 노선이 되도록 한다. 이때 조사결과를 바탕으로 몇 개의 비교 노선이나 우회노선을 설정하여 비교검토한 후에 계획노선을 결정해야 한다.

#### 나. 선형

##### 1) 평면선형

터널의 평면선형은 시공면이나 차량의 주행면으로 보아 직선이 바람직하다. 그러



나 농도의 배치, 갱구부, 접근도로의 선형 등에 비추어 터널 내에 곡선을 넣는 수도 있다. 이 경우 곡선반경이 작으면 필요한 시거를 얻기 위해서 내공단면의 폭이 확대되므로 시공 상 복잡하게 되고 공사비도 고가이다. 따라서 큰 곡선반경을 이용하여 도로 폭을 넓히지 않고도 필요한 시거를 얻을 수 있게 하는 것이 좋다.

접속부에서도 운전자가 될 수 있는 한 빨리 터널의 존재를 알고 터널에의 진입을 원활하기 하기 위해 충분한 거리에서 터널갱구를 바라볼 수 있는 선형으로 하는 것이 중요하다.

## 2) 종단선형

터널의 종단기울기를 너무 급하게 하는 것은 시공면으로나 차량주행 및 유지관리 상으로도 좋지 않다. 특히 오르막 기울기가 급하면 배기가스의 증대를 가져온다. 따라서 시공중 또는 완성후의 터널내의 용출수 배제에 필요한 0.3~0.5%의 기울기 이상에서 될 수 있는 한 원만한 기울기로 하되 일반적으로 2%이하로 하는 것이 바람직하다. 양 갱구에서 굴진하는 터널에서는 시공 상 중앙부로 향하여 오르막 기울기로 하는 수가 많으며, 편(片)갱구의 시공 시에는 시점갱구 쪽을 낮게 한다. 터널의 종단기울기 변화점에는 차량이 안전하고도 원활하게 통행할 수 있는 적절한 종단곡선을 넣는다.

## 다. 내공단면

터널의 내공단면은 소정의 폭에 대한 건축한계 및 환기, 기타 필요한 단면적을 포함하고, 토압 등의 하중이나 시공법을 고려하여 구조적으로 가장 안전하고 경제적인 형상과 치수로 한다. 차량과 보행자를 동일한 내공단면내로 통행시키는 터널에서는 특히 자전거 및 보행자의 안전을 위한 구조로 한다.

일반적인 굴진공법에 의한 터널단면은 토압 등의 하중에 대해 효과적으로 대처할 수 있게 3심원(三心圓) 또는 5심원으로 된 마제형(馬蹄形) 내공단면이 쓰이며, 지질이 좋을 때는 측벽부를 수직으로 하는 수도 있다. 지질이 좋지 않을 때는 인버트(Invert) 시공으로 하여 폐합(閉合)단면으로 하거나 원형 또는 원형에 가까운 단면으로 하는 수도 있다.

또 필요한 경우에는 환기, 배수, 도로표지, 비상용시설 등을 설치하기 위한 여유를 둔다.

## 라. 지보공

지보공은 안정된 지반에 터널을 굴착함으로써 발생하는 새로운 응력에 대해서 터널주면원지반과 일체가 되어 주변원지반의 지보기능을 유효하게 활용하여 굴착단면을 유지함과 동시에 작업의 안전을 확보할 수 있는 것이어야 한다. 터널의 굴착에 따른 지보공에 작용하는 하중은 굴착 후 시간의 경과에 따라 증대하는 일이 많으므로, 굴착 후 즉시 시공할 수 있는 것이어야 한다.

일반적으로 지보공의 부재로서는 뽑어 붙임 콘크리트, 록 볼트(Rock bolt), 강제 지보공 등이 쓰이며 지질조건이 나쁜 경우에는 라이닝이 지보공 역할을 하는 경우도 있다. 이러한 지보부재의 특징을 고려하여 단독 또는 조합해서 사용함으로써 효과적인 지보공이 되도록 해야 한다.

## 마. 라이닝

터널의 라이닝은 농도의 사용목적, 사용조건 등에 적합한 설계를 하여야 한다. 또 장기간 토압의 하중에 견디고 균열, 변형 및 붕괴가 일어나지 않도록 하는 것으로 누수 등으로 침식이나 강도의 감소가 없고 내구성이 있어야 한다. 일반적으로 라이닝은 터널의 사용개시 후 개수하는 일은 곤란하므로 장래 개수가 필요하지 않도록 충분히 배려해야 한다.

뽑어 붙임 콘크리트, 록 볼트(Rock bolt), 강제지보공 등의 지보공으로 터널의 안정이 유지되고 원지반이 견경(堅硬)하며 풍화의 염려가 없고, 사용상 지장이 없을 경우에는 라이닝을 생략하거나 프리캐스트(Precast)판 등으로 라이닝을 하는 수도 있다. 이러한 경우에도 안정성 및 내구성을 충분히 검토해야 한다.

라이닝은 다음과 같은 목적이 있으므로 설계에서는 원지반의 조건, 하중조건, 구조물의 중요도 등의 제반 조건을 검토해야 한다.

### 1) 공용성(供用性)

- ① 지하수 등의 누수가 적으며 수밀성이 양호한 구조물로 한다.
- ② 사용 중의 점검, 보수 등의 작업성을 높여야 한다.
- ③ 터널 내의 가선(架線), 조명, 환기 등의 시설을 유지한다.

### 2) 강도특성

- ① 터널의 변형 중 라이닝을 시공할 경우에는 터널의 안정에 필요한 조치를 취한다.
- ② 라이닝의 시공 후 수압, 상재하중 등으로 외력이 발생할 경우에는 이를 지지한다.
- ③ 지질과 지보공 품질의 불균일, 록볼트의 부식 등 불확정 요소를 고려하여 구조물로서의 안전율을 증가시킨다.
- ④ 사용개시 후 외력의 변화나 원지반과 지보공재료의 열화에 대해 구조물로서의 내구성을 향상시킨다.

라이닝의 재료는 일반적으로 충분한 관리를 해서 시공된 무근콘크리트는 터널라이닝으로서 만족할 수 있는 재료이다. 다만 팽창성 지반에서는 큰 토압, 지하수압, 편(偏)하중, 상재하중 등을 지보하기 위해 라이닝에 큰 강도가 요구될 경우에는 철근콘크리트, 강 섬유보강 콘크리트 등을 사용하여 보강하거나 인버트를 설치해서 폐합된 구조로 함으로써 지보기능을 높여야 한다.

## 바. 갱구부

갱구부는 일반적으로 피복이 얇고, 그라운드 아치(Ground arch)를 형성하기 어려운 범위이다. 갱구부에서는 지형, 지질, 지하수, 강우 등의 조건으로 터널시공 시에 사면붕괴, 활동(滑動: Sliding), 토석류, 지표침하, 편 토압, 막장붕괴, 지내력부족 등의 문제가 예상되는 경우에는 대책을 검토하여야 한다. 또 근접한 도로 및 건물 등의 영향, 갱구에서 연속하는 교량의 위치관계 및 토석류의 영향 등을 고려하여 갱구의 위치를 결정해야 한다.

갱구부는 시공으로 불안정한 경우도 있으므로 시공방법을 충분히 검토해야 한다. 또한 갱구 부는 시공 시 및 시공 후에 작용하는 토압, 상재하중, 지진 등의 영향을 받는 수가 있으므로 철근 등으로 보강, 인버트로 단면을 폐합하는 등의 설계가 필요한 경우가 많다. 갱구부에서 피복이 얇고, 지질이 연암 또는 사질지반인 경우에는 전체 피복하중을 고려할 경우도 있다.

## 사. 방수공, 배수공 등

라이닝 배면부에 지하수가 있으면 라이닝 배면에 과대한 수압이 작용하여 강도상 좋지 않을 뿐만 아니라 터널 완성 후 지하수의 분포상황이 변하여 라이닝면의 누수로 피해가 발생할 요인이 되므로 배수를 원활하게 하는 것이 좋다.

라이닝내면에서의 누수는 고드름이나 측빙(側氷)이 되어 차량의 주행에 위험을 주고, 교통상황을 악화시킴과 동시에 고드름 제거작업이 필요하고 유지관리상 문제가 된다. 이와 같이 터널의 누수, 고드름의 피해는 공사 중에 생길 수도 있으나 일반적으로 터널시공 후에 발생한다. 이와 같은 보수작업은 시공 후에 실시하기는 곤란하므로 터널의 계획단계부터 방수공, 배수공을 시공하는 것이 기술적, 경제적으로 좋다. 또 시공후의 세정수, 소화수 관리용수 등이 터널 내에 정체되지 않도록 배수시설의 설계를 해야 한다.

## 아. 부속시설

터널에서 안전하고 원활한 교통흐름을 확보하기 위하여 필요한 경우에는 환기시설, 조명시설, 비상용 시설 등의 부속시설을 설치한다.

특히 도로터널에서는 환기계획, 비상용 시설계획이 도로의 교통량, 터널의 연장 및 종단 기울기와 밀접한 연관성을 갖고 있다. 그러므로 터널갱구의 설치위치와 종단 선형을 정할 때는 지하 환기 소, 환기 갱의 위치, 규모를 고려한 환기 및 비상용 시설의 개략설계를 하여 공사비, 시공성, 유지관리 등에 대한 종합적인 비교검토를 하여야 한다. 즉, 산맥을 관통하는 긴 터널에서는 경제적인 환기를 위하여 지하 환기소나 환기갱 등의 부속시설의 배치가 터널의 선형을 결정하는 경우도 있다. 또, 조명시설계획에서는 출입구의 완화조명에 관한 비용이 큰 비중을 차지하므로 너무 짧은 터널을 계속해서 설치하는 것이 오히려 비경제적일 수 있으므로 비교해야 한다.

## 자. 복수터널의 교차 병설 시공 시 유의사항

2련 이상의 터널을 병설하거나 교차해서 설치하는 근접터널에서는 상호의 안정상태에 중대한 영향을 미치는 경우가 있다.

복수터널을 병설해서 설치할 경우에는 상호 역학적으로 악영향을 미치지 않도록 충분한 간격을 갖도록 해야 하나 용지 등으로 근접한 배치가 부득이 할 경우도 있다.

터널이 서로 근접하면 상호터널의 굴착으로 발생하는 주변지역의 응력의 간섭으로 응력변화가 단독터널의 경우보다 커지고 소성화(塑性化)하는 영역이 커지기도 한다. 기설터널이나 선행해서 시공한 터널에서는 후속으로 시공한 터널의 굴착영향을 받게 된다. 그러므로 기설터널이나 선행 시공한 터널의 응력평형상태가 유지되지 않고 지보부재나 라이닝에 큰 하중이 가해진다. 또 발파공법에서는 후속시공의 발파로 인한 충격력의 영향에 대해서도 고려해야 한다. 따라서 근접터널의 설계에서는 지반 조건이나 시공방법을 충분히 고려해서 접합부와 접합부의 구조를 검토해야 한다. 즉 선행시공하는 터널에서 뿔어붙임 콘크리트에 철망이나 강섬유를 사용하고 강재지보공을 증설하며 라이닝을 철근콘크리트로 하는 등의 보강을 할 필요가 있다. 경우에 따라서는 라이닝을 2회(가시공, 본시공)로 구분하여 시공하도록 설계할 필요가 있다.

## 차. 터널의 입구 및 내부처리

### 1) 터널입구의 처리

(1) 터널입구는 가장 눈에 띠기 쉬운 구조물이므로 중압감을 주지 않도록 디자인 한다. 주변지형과의 조화를 고려한 식재와 입구형태를 구상한다. 터널입구의 벽면은 주위의 사면 및 식생과 비교하여 반사율이 높지 않도록 하여 운전자의 눈의 순응을 유도한다. 또한 적설지에서 터널입구에 안전지대가 설치되는 겨우 산중턱에 돌출되는 구조가 되므로 경관에 대한 세심한 고려가 필요하다.

식재구성은 중 교목·관목을 조합한 것으로 하여 입구상부에는 나무가 쓰러지는 위험을 피하기 위하여 관목을 위주로 배식하는 것이 바람직하다.

(2) 터널입구에 벽이 있는 형식을 이용할 경우에는 시공성과 경제성을 충분히 검토하여 다음과 같은 방법으로 벽면을 처리하는 것이 좋다.

- 재료에 따른 처리: 돌 쌓기, 조면블록 쌓기 등
- 표면의 가공
- 표면의 녹화 (덩굴식물 등)

### 2) 터널내부의 처리

터널내부는 폐쇄된 단일 공간이므로 운전자에 대한 영향을 최소화하기 위하여:

(1) 시공성과 경제성을 고려하여 가능한 한 측방과 상부에 여유가 있는 단면형상으로 폐쇄 감을 완화시킨다.

(2) 밝은 색조의 내장재와 조명을 이용하여 터널내의 어두움을 완화시킨다.

- (3) 벽면에 안내정보와 모양 등을 부분적으로 시공하여 단조로움을 피한다.
- (4) 내장재의 디자인을 이용하여 쾌적성을 높인다.

### 3) 블로우어(Blower) 및 환기탑의 처리

터널입구에 설치된 블로우어는 운전자의 시선을 유도하는 시설이므로 터널입구의 주변경관과 조화를 이루도록 한다. 터널길이가 길어짐에 따라 환기탑이 설치되는 경우가 많은데 주변경관과의 조화가 잘 유지되도록 위치를 정하고 외관과 형상에 대해서도 고려한다.

## 4.7 부대구조물

### 4.7.1 일반사항

대피소, 환경 시설대, 방호시설, 암거(Culvert), 농촌가로공원, 생태이동통로 및 서식지 보호시설 등의 도로부대구조물의 설계는 당해 농도의 규모, 중요도 및 환경 조건을 고려하여 안전하고도 경제적이어야 한다.

### 4.7.2 대피소

대피소는 1차선의 농도에서 안전하고 원활한 통행을 위해 설치한 시설이며 교통량, 시거, 입지조건 등을 감안하여 필요에 따라 설치한다.

1차선의 농도에서는 일방통행인 경우를 제외하고 대향차와의 마주침을 피하기 위하여 대피소를 설치한다. 또 대피소를 설치할 경우에는 지형여건에 따라 안내표지를 설치하는 것이 필요하다. 다만 농지 내에 대피소를 설치하면 농지의 손실, 구획의 부정형(不整形) 등의 지장이 생기므로 대형차량의 교통이 없고, 교차점 등에서 대향차와의 비껴감이 가능하며 교통에 미치는 지장이 적은 경우에는 설치하지 않아도 된다.

대피소를 설치함에는 원칙적으로 다음의 정하는 바에 의한다.

- ① 대피소 상호간의 거리는 300m 정도로 한다.
- ② 대피소 상호간은 농도의 어디서나 보일 수 있어야 한다.
- ③ 대피소의 길이는 최소한 차량 1대가 주차하는데 필요한 길이로서 20m이상으로 하고, 그 구간의 차선평은 5.5m이상으로 한다.
- ④ 대피소의 전후에는 차량출입을 용이하게 하기 위하여 그림 4.61과 같이 접근구간을 설치하는 것이 바람직하며, 그 길이는  $b \geq 2a$ 로 하는 것이 좋다.
- ⑤ 시각적 악영향을 최소화할 수 있도록 주위 경관과의 조화를 고려한다.

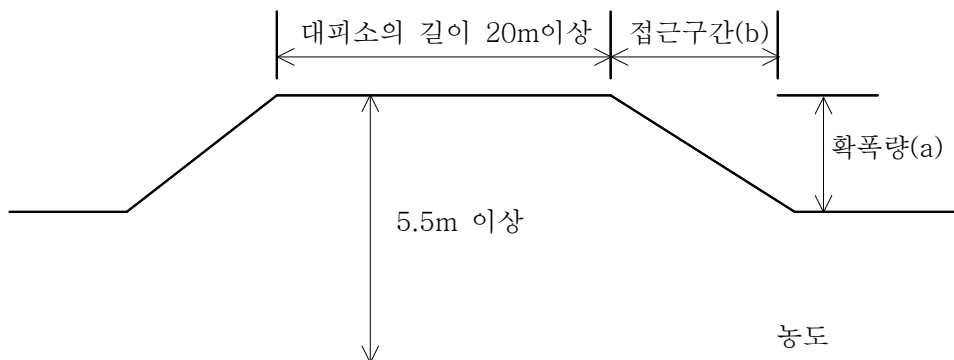


그림 4.61 대피소의 제원

### 4.7.3 환경시설대(環境施設帶)

농도에서 교통의 안전과 쾌적성을 높이는 동시에 연도(沿道)의 자연환경 보전, 생활환경의 개선 등을 위하여 환경시설대를 만들도록 한다.

환경시설대란 농도의 기능향상과 환경의 보존을 목적으로 농도의 용지 내에 대상(帶狀) 또는 열상(列狀)으로 설치하는 식재 또는 기존의 식생부분을 말한다.

환경시설대의 계획에서는 지역의 자연적, 사회적 조건 및 농도의 종류, 기능, 구조 등에 따라서 기대되는 환경시설대의 기능을 명확히 하고, 식재형식(대상 또는 열상), 식재 폭, 수종, 수목육성일정 등을 정한다. 이 경우 장래 연도개발 및 교통량을 정확히 예측하여 장기적인 관점에서 계획하는 것이 중요하다.

#### 가. 환경시설대의 기능

환경시설대의 기능은 농도이용자에게 불쾌감이나 부조화감을 주는 물체를 차단하며 도로변과의 경관조화를 꾀하는 경관기능, 시선유도, 차광, 터널출입구 부위의 명암차의 완화 등을 꾀하는 교통안전기능과 도로교통에서의 소음 및 배출가스가 연도에 주는 영향경감, 녹음의 제공, 방풍, 방설 등을 꾀하는 환경보전기능이 있다.

#### 나. 환경시설대의 설치

농촌지역에서는 도시지역에 비하여 일반적으로 녹지가 많고 교통량도 그다지 많지 않기 때문에 연도와의 경관조화, 소음, 배기가스의 영향 등 주로 도시지역의 도로에서 요구되는 기능을 주목적으로 하여 환경시설대를 설정하는 일은 적으며, 오히려 선형 등 농도의 기하학적 구조를 그 입지조건에 비추어 충분히 여유롭게 할 수 없거나, 강풍, 적설 등이 심한 경우에 환경시설대의 용지, 유지관리 등을 고려하여 시선유도, 방풍, 방설 등 교통안전상 또는 농도의 기능 유지를 위하여 환경시설대 설치를 검토한다.

#### 다. 환경시설대의 폭

환경시설대의 폭은 당해 농도의 구조 및 교통상황, 연도의 토지이용상황 및 수목의 종류, 배치 등을 고려해서 적절한 폭으로 한다.

#### 라. 환경시설대의 식재

##### 1) 수목의 배치

수목대의 배치에서는 차도 및 보도의 건축한계에 유의하여 교통에 장애가 되지 않고 교차점에서 시거 확보도 필요하다. 또 교차점 및 횡단보도 부근에서는 안전통행을 확보하기 위하여 필요한 시계(視界)가 방해되지 않도록 배식(配植)에 주의해야 한다. 또한 조명등, 도로표지, 기타 이와 유사한 도로부속물 등은 큰 지장이 없는 경

우 식수대(植樹帶) 내에 설치할 수가 있다. 식수대를 설치한 구간에는 일반적으로 차도 측의 가드레일 등의 방호시설을 설치하지 않는 경우가 많다.

## 2) 수종의 선정

환경시설대에 사용하는 수종은 각 특성을 고려하여 식재지역의 여러 조건(토양, 대기, 기상 등)에 적합하고 식재계획의 의도에 맞는 수종을 정해야 한다.

수종의 선정에서는 다음 사항을 만족하도록 해야 한다.

- ① 가로수는 원칙적으로 낙엽수를 사용하며 따뜻하고 넓은 폭의 도로 등에는 상록수를 채용할 수 있다.
- ② 중(中)·저목(低木) (간식(間植) 또는 손질할 수 있는)은 상록수를 주로 할 것
- ③ 수형이 아름답고, 병충해에 강한 수종으로 보행자에게 해가 없을 것
- ④ 활착하기 쉽고, 성장이 양호한 수종일 것
- ⑤ 토양조건, 환경조건에 적당한 수종일 것
- ⑥ 유지관리가 용이한 수종일 것
- ⑦ 동일 수종, 같은 형, 같은 크기의 것이 일정수량 입수 가능할 것
- ⑧ 지역의 특질을 중시하고, 연도(沿道)의 여러 가지 조건에 적합한 수종일 것

## 4.7.4 방호시설

농도에서 비탈면의 붕괴, 낙석, 사태 등으로 교통의 소통이 곤란한 장소에서는 농도의 이용 상황 등을 고려하여 방호시설을 설치한다. 또한 비탈면은 토양이나 암반이 노출되어 시각적으로 부정적인 영향을 주고, 붕괴 등의 위험이 상존하므로 비탈면 안정시설과 함께 주위경관과의 조화를 이룰 수 있는 자연재료를 활용한 비탈면 보호와 녹화공법을 적용하여야 한다.

농도에서 비탈면의 붕괴, 낙석, 사태, 비설(飛雪 : 눈 날림), 적설 등으로 교통에 지장이 있는 장소 또는 도로의 구조에 손상이 있는 장소에는 방설시설, 옹벽, 낙석방지시설 등의 방호시설의 설치를 검토하고 적절한 공종을 선정해야 한다.

비탈면의 낙석 또는 붕괴 등을 예방하기 위하여 물리적인 방호시설을 설치함과 동시에, 비탈면이 주는 시각적 위화감을 완화시키기 위하여 주위 경관과의 조화를 이루는 비탈면보호 녹화를 적용해야 한다.

### 가. 낙석방지시설

낙석방지시설은 도로이용자 및 도로시설을 낙석 등에 의한 재해로부터 보호하기 위하여 설치하는 시설이고, 낙석 등이 발생하는 비탈면내의 부석(浮石 : 뜬돌, 부스러기 돌)이나 전석(轉石 : 호박돌)을 제거하거나 사면에 고정된 낙석예방공과 비탈면에서 굴러 떨어지는 낙석 등을 방호하는 낙석 보호공으로 대별된다.

낙석 등은 복잡한 요인에 의해 일어나는 현상으로 예측하기는 곤란하지만 낙석방



지시설이 갖는 구조물 기능한계를 충분히 인식하고, 공종의 선정과 배치계획을 해야 한다.

시설계획에서는 단독공종보다는 여러 공종을 조합하는 것이 유리한 경우가 많다.

### 1) 낙석예방공

#### 가) 근고공(根固工: 돌부리 고정공법)

근고공은 사면상(비탈면)의 부석(浮石: 뜬돌)이 전동(轉動: 굴러 움직임)이나 활동(滑動: 미끄러져 움직임)을 일으키는 일이 없도록 부석의 기부(基部)나 주위를 비탈면에 고정시키는 공법이다.

#### 나) 뿔어 붙임 공

비탈면에 모르타 또는 콘크리트를 뿔어 붙임으로써 낙석 등을 예방하는 공법으로, 풍화, 균열이 진행하기 쉬운 암질에 효과가 있다. 표면에 피복하여 표면배수, 풍화방지 및 낙석방지의 역할을 하는 공법이다.

#### 다) 록 앵커(Rock anchor)공

록 앵커공은 장소에 따라 한곳에 집중된 낙석이나 큰 전석에 대하여 앵커를 하여 낙석을 예방하는 공법이다. 이 공법은 앵커를 지지할 암반이 있어야 한다.

#### 라) 기타

낙석예방공에는 상기 외에 붙임공, 격자공, 편책공(編柵工), 절토공, 부석제거 공이 있다. (농지개량사업표준설계(해설) 농도편 참조).

### 2) 낙석방호공

#### 가) 낙석방지 망

낙석방지망은 사면을 망으로서 낙석의 발생에 대처하는 것으로 소규모 낙석이 발생하기 쉬운 비탈면이나 기반암에서 박리, 박락(剝離, 剝落 : sloughing)하기 쉬운 비탈면에 적당하다. 낙석방지 망에는 보통식과 포켓식이 있다.

#### 나) 낙석방지 울타리

낙석이 발생하기 쉬운 비탈면의 최하부 또는 중단에 설치하여 낙석을 저지하는 형망(型網)과 철망병용 구조물이다. 비탈면의 기울기에 따라서 방지울타리(방지책 : 防止柵)에 기울기를 주는 경우도 있다. 또한 낙석지반의 상태에 따라서는 옹벽과 조합해서 사용하는 경우도 있다. (그림 4.62 참조)

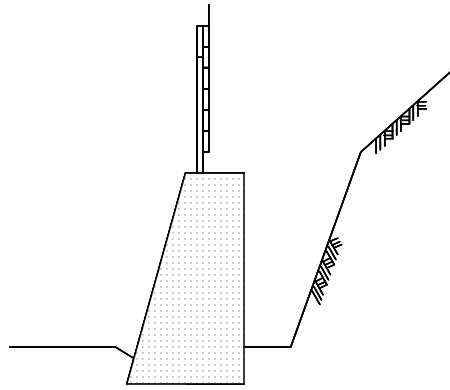


그림 4.62 낙석방지울타리의 예

다) 낙석방지옹벽

낙석과 같이 토사 등이 떨어져 울타리 등으로 방지할 수 없을 경우 또는 낙석에 대소가 있어 울타리를 넘어가거나 철망으로는 찢어지는 경우 또는 배후에 어느 정도의 완충지대를 설치하는 경우에는 낙석방지옹벽이 사용된다.

라) 낙석복공(落石覆工)

낙석복공은 철재나 콘크리트 재료 등으로 도로를 보호하여 낙석이 노면에 낙하하는 것을 방지하는 공법이다. (그림 4.63 참조)

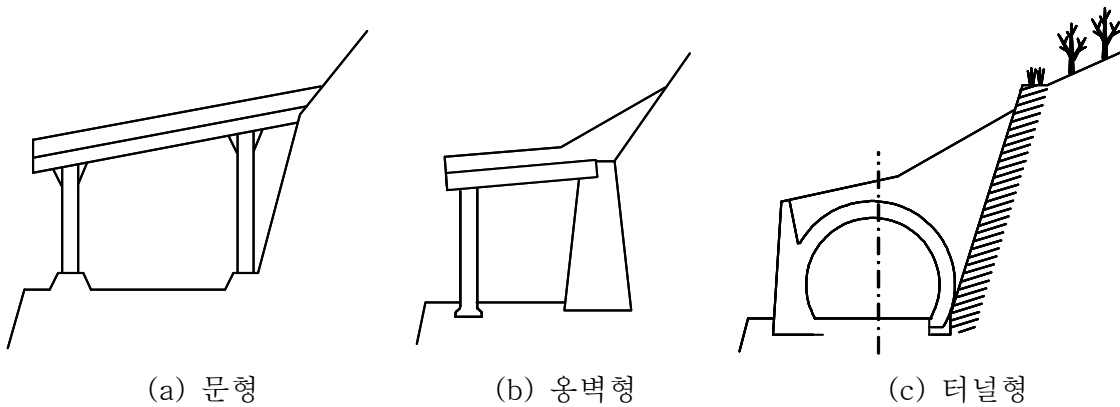


그림 4.63 낙석복공의 예

일반적으로 도로 측방에 여유가 없고, 낙석 등이 발생하기 쉬운 급경사면이 연속하는 도로에서 낙석규모가 크고 낙석방지울타리 등으로는 방지할 수 없을 경우, 낙석 높이가 크고 울타리 등으로는 넘어갈 염려가 있는 경우에 설치한다. 구조는 예상되는 낙석에 충분히 견딜 수 있도록 하고 상부에 완충층(Buffer layer)을 설치한다.

## 나. 옹벽

옹벽은 다음과 같은 곳에 대하여 그 설치의 필요성을 검토한다. 이 경우 재료 및 종류는 안전하고도 경제적이어야 한다.

- ① 하천, 바다, 호소, 등에 접한 장소
- ② 터널의 갱문 또는 교대의 날개벽
- ③ 성토 또는 절토의 비탈 끝
- ④ 용지관계상 필요한 장소 등

옹벽은 수직에 가까운 면으로 나타나므로 시각적으로 부담이 되며, 콘크리트 옹벽의 경우는 차가운 느낌을 주므로 자연경관이 가능한 곳에서는 주변과의 조화가 이루어지도록 처리한다. 옹벽은 안정성이 확보되는 범위 안에서 표면에 인공적인 처리를 하여 심리적인 부담을 주지 않도록 하고, 식재에 의한 녹화, 은폐 등의 방법을 구사한다.

옹벽은 사용되는 소재에 따라 경관에 주는 느낌이 다르게 되므로 소재의 특성을 살려 지역 환경에 적합한 소재를 사용할 필요가 있다.

### 1) 콘크리트 옹벽

콘크리트 옹벽의 형식에는 중력식, 반중력식, 지지식, L형식, 부벽식(扶壁式: Buttress), 역T형식 등이 있다. 각각의 특징은 다음과 같다.

#### 가) 중력식(重力式)

골재가 손쉽게 구해지는 경우에는 경제적이다. 벽 높이가 5m 정도까지가 보통이며 기초지반이 양호한 경우에 많이 쓰인다.

#### 나) 반중력식(半重力式)

중력식에 준하여 쓰이며 콘크리트량을 절약하기 위하여 벽 두께를 줄이고, 철근으로 보강한 것으로 경우에 따라서는 중력식보다 경제적이다.

#### 다) 지지식(支持式)

산지부 농도에서 편절토 또는 편성토의 경우 농도 폭을 확대하는데 쓰이며 기초지반은 암반 등으로 견고한 것이 바람직하다. 벽 높이가 5~15m 정도까지 이용된다.

#### 라) 역T형식, L형식, 역L형식

바닥판 상부 흙의 중량을 옹벽의 안정에 이용할 수 있기 때문에 중력식에 비하여 콘크리트량이 적게 든다. 일반적으로 벽 높이가 3~8m 정도까지 쓰인다.

#### 마) 뒷 부벽식

부벽의 위치가 토압이 작용하는 측에 있다. 벽 높이가 높아지면 L형식에 비해 콘크리트 량이 상당히 적어진다. 일반적으로 벽 높이는 6m 정도 이하의 경우에 쓰인다.

#### 바) 앞 부벽식

부벽식과 같은 종류의 것으로 지지 벽이 바깥쪽에 있다.

#### 사) 기타 옹벽

특수형의 것으로 예컨대 선반식, 특수부벽식, 상자식, 형틀식, 부재(扶材)를 쓴 옹벽, 보강토 공법에 의한 옹벽 등이 있다.

콘크리트 옹벽은 차가운 인상과 압박감을 주고 시간이 지남에 따라 표면이 불결해지므로 더욱 시각적으로 좋지 않게 된다.

- ① 압박감을 덜기 위해 가능한 옹벽의 기울기를 완만하게 한다.
- ② 콘크리트 옹벽의 표면처리로 조형적인 디자인을 검토하여 단조로운 벽면에 변화를 줄 수도 있다.
- ③ 식재를 통하여 콘크리트의 경직된 인상을 완화시킬 수 있다.

##### \* 덩굴성 식물에 의한 콘크리트 옹벽면의 녹화기법

- 올려붙여 심기: 옹벽의 아래 부분에 흡착형 덩굴을 심어 녹화하는 방법
- 보조 자재법: 옹벽 전면에 망이나 격자 등의 보조자재를 붙여 보조자재에 감는 형의 덩굴을 이용해 녹화하는 방법
- 내려뜨려 심기: 옹벽 아래로 자라는 덩굴을 식재하여 녹화하는 방법

\* 옹벽의 녹화를 통해 옹벽이 갖는 딱딱하고 차가운 느낌을 완화시키고 옹벽의 반사광을 방지하여 운전자의 안전주행과 쾌적성을 도모해 준다.

\* 덩굴성 식물을 이용하는 경우 옹벽면이 피복되어 보수점검에 주의를 요하며, 피복식물의 뿌리로부터 분비되는 산성물질로 벽 표면이 부식될 염려가 있으므로 주의해야 한다.

#### 2) 돌쌓기 옹벽

비탈기울기, 비탈길이, 평면선형 등을 자유롭게 변화시킬 수 있어 비탈받이 및 다른 구조물과의 접합에 널리 쓰이고 있다. 일반적으로 1:0.3 ~ 1:0.6의 기울기로 벽 높이가 7m 이하에 쓰인다. 메쌓기(용출수가 많은 장소)와 찰쌓기가 있고 전자인 경우 벽 높이가 3m를 넘지 않도록 한다.

안전상 옹벽의 높이와 사용범위에 한계가 있으나 소재가 갖는 자연의 질감이 좋은 기분을 준다. 또한 시간이 경과함에 따라 주변경관에 동화되는 효과가 있다.

### 3) 콘크리트블록 쌓기 옹벽

돌쌓기 옹벽과 같은 특징을 가질 뿐만 아니라 재료를 손쉽게 구할 수 있다는 점과 시공하기 쉬운 점 등 이점이 있어 많이 사용되고 있다. 또 블록에 소재나 조합방법을 검토하여 변화를 줄 수도 있다. 식재를 위한 녹화블록도 있고, 표면에 다양한 무늬를 주어 단조로움을 피할 수 있는 수법들이 가능하다.

## 다. 방설시설 등

적설지대에서는 지형, 기상 등의 상황에 따라 농도 상에 풍적설(風積雪)이 발생하거나 눈사태가 농도상에 밀어 닥치는 등으로 교통에 지장을 미치는 경우가 있다.

이를 위해 농도의 선형, 구조, 수목이나 가옥 등 주위상황을 고려하여 미리 풍적설이나 눈사태 등의 발생장소와 정도를 예측하여 이러한 사태가 생기지 않도록 하며 이에 대처할 수 있는 방설시설, 용설 시설 등을 계획하는 것이 바람직하다. 그러나 실제 이를 예측하는 것은 극히 곤란하기 때문에 농도완성 후 현지상황에 따라서는 방설시설을 정비할 필요가 생기는 경우도 있다. 또 아래에 기술하는 시설 외에도 손쉽게 구할 수 있는 재료(고철근, 목재 등)를 사용하여 울타리를 만드는 것도 상당한 효과를 기대할 수 있으므로 동기(冬期)에 이와 같은 방법을 강구하는 것도 고려해야 한다.

또 용설(눈을 녹이는)시설 등에 대해서는 유말(流末 : 눈이 흘러와 쌓이는 말단 지점)의 폐색(閉塞 : 막힘) 등으로 물이 넘쳐흐르는 경우가 많으므로 입지조건 등에 따른 충분한 배려가 필요하다.

### 1) 방설시설

#### 가) 풍적설방지시설

강설 시나 그 직후에 기온이 낮고 바람이 어느 정도 눈보라가 되며 풍속이 떨어지는 장소나 소용돌이가 생기는 장소에 풍적설을 만든다. 대체적으로 매년 같은 장소에 발생하는 경우가 많다.

이것을 방지하기 위해서는 우선 농도의 선형계획을 세울 때에 풍적설이 생기지 않는 선형 및 구조를 선정하는 것이 원칙이나, 그래도 이를 피할 수 없는 경우에는 적설의 정도, 주위상황 등을 고려하여 다음과 같은 방지시설을 설치하도록 한다.

#### (1) 적설예방울타리

그림 4.64와 같이 농도의 풍향 측에 경사진 울타리를 만들어 농도상의 풍속을 증가시켜 눈의 퇴적을 방지하는 것을 말하며 얇은 절토부, 편절토, 편성토부, 낮은 성토(2m이하)부에서 효과가 있다.

구조는 바람이 투과하지 않고 강풍에 견딜 수 있는 것이라야 하며 울타리의 각도는 75 정도가 좋다.

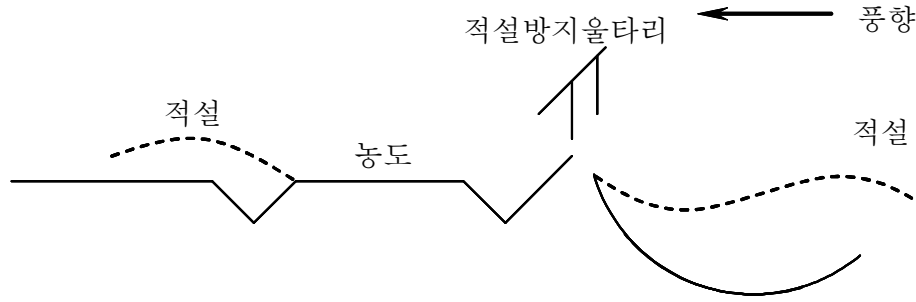


그림 4.64 적설예방 울타리

(2) 적설유도울타리

농도의 풍향 측에 울타리를 세워서 그 전후의 풍속이 줄어드는 곳에 인공적으로 적설 지를 만들어 농도에 쌓이는 눈을 그 앞에서 방지하는 것이다. 울타리의 구조에는 투과울타리와 비투과울타리가 있고 설치방식에는 정치식과 이동식이 있다.

(3) 방풍림

농도의 풍향측에 설치하여 눈을 숲속에 쌓이게 하는 방설림과 수목과 농도사이에 퇴적시키는 눈 방지 울타리(Fence)가 있다.

2) 눈사태 방호시설

사면상의 설층(雪層)이 힘의 평형을 잃고 급격히 운동을 일으키는 상태가 눈사태이다. 눈사태에는 사면상의 설층 표면부 만이 활강하는 『표층눈사태』와 설층 전체가 활강하는 『전층눈사태』가 있다. 표층눈사태는 강설시기에 주로 설붕(雪崩 : snow dump collapse), 나뭇가지, 노출암 등에서 떨어지는 작은 눈덩이가 원인이 되는 수가 많다. 전층눈사태는 융설 기간에 주로 지면의 경계부가 융설로 느슨해짐에 기인하는 수가 많다.

이를 방지하기 위해서는 노선선정에서 눈사태가 발생하기 쉬운 장소를 피하는 것이 원칙이지만 부득이 농도를 건설할 경우에는 이와 같은 곳에 눈사태의 발생을 예측하거나 또는 발생한 눈사태의 장해를 방호하는 시설을 설치하는 것이 필요하다.

① 예방

- 설붕, 풍적설 예방 ..... 울타리, 수목 등
- 사면 설층의 활동 예방 ..... 계단, 울타리, 말뚝, 수목

② 방호

- 저지 ..... 옹벽울타리, 말뚝
- 유도 ..... 옹벽, 스노우 쉼드(Snow shed)

2) 배설(排雪 : snow drainage)시설(유설구: 流雪溝)

유설구는 인가밀집구간 등에서 도로측에 충분한 퇴설(堆雪 : 눈 쌓임)부지를 확보

하기 어렵고 가까이에 적당한 눈 제거장이 없는 경우나 기계제설로 충분히 적설을 처리할 수 없는 장소에 설치하는 것이다.

유설구를 계획할 적설기간동안 충분한 물의 유입량이 확보되는 것이 전제가 되며, 유설능력에 따라 그 단면, 기울기 등을 결정해야 한다. 또 유말(눈 흐름의 말단)에는 배설된 눈이 정체하지 않을 위치, 구조 등에 대해 검토해야 한다.

### 3) 용설 시설

일반적으로 노면에 살수하여 내린 눈을 녹여 노면에 눈이 쌓이는 것을 방지하는 소설(消雪 : 눈 제거)파이프가 있다. 보통 노면의 중앙에 급수파이프를 매설하고 적당한 간격으로 만든 작은 구멍에서 노면을 향해서 분출시켜 농도의 양쪽으로 흘려보내는 방법이다.

소설관을 계획함에는 다음 사항에 유의해야 한다.

- ① 지하수, 기타 온수가 풍부하게 얻어질 수 있을 것. 용수온도가 10℃이하에서 사용하는 것이 좋다.
- ② 기온이 심히 낮은 지방, 또는 차가운 바람에 노출되는 곳에서는 오히려 노면동결의 원인이 된다.
- ③ 종단기울기가 큰 곳이나 곡선구간은 물이 노면을 균등하게 흐르기 어려우므로 피하는 것이 좋다.
- ④ 급수관은 적당한 위치에 청소구를 만들어야 한다.
- ⑤ 소설용수 및 용설수의 배수, 유말처리를 배려하여야 한다.
- ⑥ 살수량은 1m<sup>2</sup>당 매초 5~10cc 정도가 보통이지만 기온, 수온, 풍속 등을 고려하여 열손실 분을 가산하여 정한다.

또 일반적으로 교통량이 많을수록 소설효과가 높은 것으로 알려져 있다.

## 라. 비탈면 보호 녹화방법

### 1) 설계 시 고려사항

토공단계에서 비탈면의 형상을 주변환경에 친숙하게 하고 녹화를 용이하게 하기 위하여 가능한 한 경사를 완만하게 하고 주변의 농지와 접하는 부분의 비탈면은 휴식 또는 농작업 도구를 놓아두는 곳으로 고려할 수 있다.

비탈면은 가능한 한 완만하고 둥글게(Rounding)하여 시각적으로 부드러운 효과가 생기도록 하고 식물의 도입이 용이하도록 한다. 비탈의 라운딩은 비탈면 전체에 하는 것이 이상적이다. 특히 평지에서 급한 산지로 들어가는 부분의 절토 비탈면에 대해서는 넓은 범위에 라운딩을 하면 부드러움이 생겨 효과가 크다.

라운딩은 비탈단면의 곡선성을 강조하도록 곡선장을 직선장보다도 길게 잡는 것이 원칙이다. 아래 그림과 같이 직선부의 길이를  $L_1$ , 곡선부의 길이를  $L_2$  라고 하면  $L_1 \leq L_2$  가 되는 것이 필요하다. 또 비탈면에 대한 곡선부의 접선길이를  $T$  로 하면,  $T$

는 약  $L_2/2$ 가 되고,  $L_1=L_2$ 이면  $L_1=2T$ 가 되며, 비탈길이를  $a$ 로 하면  $a$ 는 약  $3T$ 가 되어  $T$ 는 약  $a/3$ 이 된다.

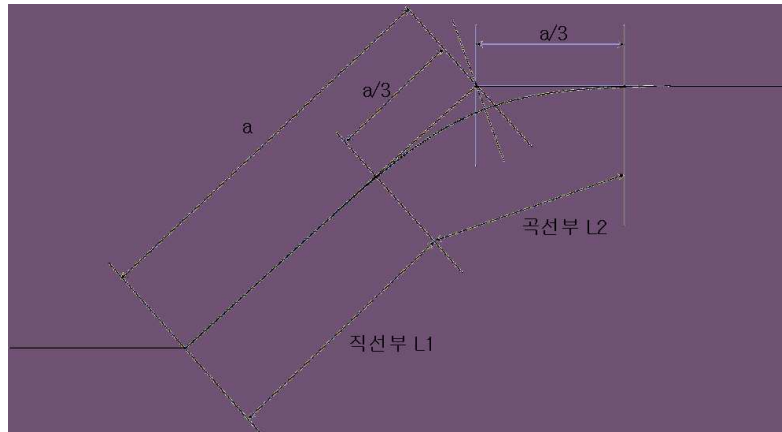


그림 4.65 사면 라운딩 방법의 모식도

여기서 비탈어깨 상하에 대하여  $T$ 는 약  $1/3$ 범위 즉 비탈어깨에서 아래쪽으로  $1/3$ 지점까지, 위쪽으로  $1/3$ 지점까지 범위에 곡선을 주면 비탈면의 직선부와 곡선부의 길이가 거의 같아져 비탈면의 직선성이 억제되며, 이 이상으로 곡선을 주면 비탈면의 곡선성을 강조하는 것으로 된다.

## 2) 비탈면 녹화방법

비탈면을 녹화하는 경우 어떠한 식물을 어떻게 도입하여 녹화하는가를 분명히 할 필요가 있다.

- ① 도입하는 식물은 기상조건, 토양조건, 재생 목표를 만족시킬 필요가 있다. 이용되는 식물로는 초본식물과 목본식물로 대별되는데 경비가 저렴하고 시공이 간단하여 목본식물을 많이 이용하여왔으나 뿌리의 긴박력(緊縛力)이 강하여 비탈면의 붕괴를 다소 방지해주는 효과가 있어 그 도입이 바람직하다.



표 4.83 목본식물과 초본식물의 비교

항 목	목본식물	초본식물
경사와 뿌리의 신장	산측, 사면 상부	대부분 연직방향보다 경사방향
풍화토층의 고정	근계진입이 많다 : 고정	근계진입이 적다 : 고정곤란
표층토의 형성력	적다	크다
표층침식방지력	적다	크다
뿔혀지는 강도	매년 강해진다.	매년 작아진다.
식생회복	늦음 → 빠름	빠름 → 늦음
영속성	길다	짧다
환경보전성	크다	적다
환경조화성	용이	개발흔적이 남는다.

② 도입방법에는 파종법과 식재법이 있는데 파종에 의하여 생육된 수목은 고사하거나 강풍에 의한 도복이 적다. 지역의 기후나 토양에 적합한 수목을 식재한 경우 식생의 복원 조기에 이루어진다. 파종한 수목과 식재한 수목을 비교할 경우 식재한 수목은 토양이 단단하면 뿌리가 심은 구덩이 외에는 성장하지 않고 뿔혀지는 강도가 다른 수목에 비하여 매우 약하여 쉽게 넘어진다.

③ 파종에 의해 조기 녹화를 이루고자 할 때에, 조성하는 식물군락을 목본식물만으로 구성하면 표면침식이 생기거나 표층토의 형성이 진행되지 않고 생태계의 회복이 늦어지는 경향이 있다. 고로 목본군락을 조성하는 경우에는 주목분류와 초본식물 그리고 주목분류와 초본식물 사이의 중간 목본류를 서로 섞어 심는 것이 좋다. 중간 목본류는 비료목 또는 혼식물이라고도 하고 특히 불량한 생육환경을 개선하는 역할을 하고 주목분류의 생육환경을 조절하여 생장을 도와준다. 그리고 초본식물은 생장이 빠르기 때문에 목본식물은 피압되어 고사하고 초본군락으로 되어 버리는 경우가 많기 때문에 초본식물의 초기성장을 억제하는 대책이 필요하다. 일반적으로 종자배합은 주목분류 1~2종, 중간 목본류 2~3종, 초본식물 1~2종을 선정한다.

### 3) 잠재 자연식생에 의한 식재법

이 방법은 온실 등에서 재배한 30cm정도의 묘목을 무작위로 혼식하여 1년 후에 수고 1m, 5년 후에 5m, 10년 후에는 8~10m의 수림지로 육성하는 것으로 묘목의 수종은 잠재 자연식생으로서 해당 토지와 기후조건에 맞는 것으로 고른다. 여기서 잠재 자연식생이란 어느 시점에서 인위적인 작용이 정지하였을 때 나타나는 식생력이다.

식재에 의한 녹화는 묘목의 육성, 식재, 그리고 식재 후의 육성의 과정을 거친다.

#### 4) 암반이 노출된 경우의 대책

암반 또는 경질토가 노출된 경우에는 풍화작용에 의한 비탈면의 침식이 일반토질에 비하여 심한고로 경사면 보호가 필요하다. 일반적으로 몰탈 또는 콘크리트 붙임에 의한 비탈보호공은 주변경관과의 부조화로 위화감을 주므로 가능하면 비탈면 녹화에 사용하지 않는 것이 좋다. 이런 경우 지반의 경도, 함유비료분의 유무에 따라 파종만으로는 불충분할 경우 토양조사를 바탕으로 인공토양 기반재의 시공 등을 이용하여 확실한 녹화가 이루어지도록 한다.

표4.84 녹화공법의 특징

사면	녹화공법	공법의 특징
토사비탈면	묘목식재, 스프레이공법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 묘목식재 후 종자를 뽑어 붙임</li> <li>• 의도하는 목본류 성립</li> <li>• 시공직후 초본류와 목본류 사이의 경쟁을 피할 수 있음</li> </ul>
	네트, 시트공법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 종자뽑어붙이기 후 네트를 설치하고 종자뽑어붙이기를 다시 한 번 실시</li> <li>• 네트의 보온, 보습성으로 식물종자의 발아 및 생육에 효과적</li> <li>• 네트가 자연 부식되어 환경친화적</li> <li>• 천연소재를 사용하므로 유연하고 가벼워 시공이 용이</li> <li>• 시공비용이 적게 들어 경제적</li> </ul>
	녹화용 식생자루·식생대 공법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 종자, 비료, 흙 등을 혼합해서 자루에 채운 후 비탈에 판 수 평구에 넣어 붙임</li> <li>• 보통 폴리에틸렌 재질의 자루를 사용</li> </ul>
암노출비탈면	자연표토 복원공법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 속성녹화를 목표로 하는 시공법</li> <li>• 암반 경사도 및 면적에 따라 뽑어붙임 두께와 소요경비가 산출되므로 철저한 사전조사가 필요</li> <li>• 고압분사기를 사용하여 사람이 절벽에 매달려 직접 분사</li> <li>• 시공 후 균열이 많이 생김</li> </ul>
	한국형 암벽부분 녹화공법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 절개된 암벽비탈면에 균열부나 흠 등을 이용하여 식생을 도입</li> <li>• 비용이 저렴하고 형태조절이 용이</li> <li>• 강우유실에 대한 저항성이 높음</li> <li>• 균열이 있는 경암 비탈면에 주로 이용</li> <li>• 연암 비탈면의 경우에는 낙석 및 붕락의 우려가 있음</li> </ul>
	자연표토 복원공법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산림 토양의 토양단면을 층별로 재현함으로써 훼손된 자연 지역을 주변 식생과 생태적, 경관적으로 조화되게 복구</li> <li>• 고차원의 단립구조를 지닌 자연표토를 유기질과 점토를 포함한 식양토를 이용하는 친환경적인 복원 기술</li> <li>• 목본류의 식생정착을 유도</li> </ul>

## 4.7.5 암 거

농도 하부를 횡단하는 암거는 단일구조물보다는 농도의 일부분으로 하여 농도의 설계 및 시공에 적당하며 안전하고 경제적으로 설계를 해야 한다. 또한 암거는 강우 시에 물의 이동뿐만 아니라, 사람, 농기계 및 동물 이동통로로서의 이용 가능성을 검토하여 설치한다.

### 가. 일반사항

농도의 부대시설로서의 암거(Culvert)는 수로용 암거와 도로용 암거로 나눌 수 있다. 농도를 횡단하는 암거는 농도의 일부분으로 설치장소의 지형, 지질, 시공조건, 주변구조물 등에 따라 그 사용목적에 적절한 구조형식을 선정하고 안전하며 경제적인 설계를 해야 한다.

도로가 수로(水路)와 소도(小道)를 입체적으로 교차할 때의 본래 목적에 더하여 중형포유류의 이동통로로서 이용될 수 있다.

### 나. 암거의 분류

#### 1) 사용목적에 의한 분류

##### 가) 수로용 암거

수로용 암거로서는 파이프 암거, 박스 암거, 코루게이트(Corrugated: 주름)강 암거가 쓰인다.

##### 나) 도로용 암거

사람, 동물 또는 차가 통행하기 위하여 농도 밑을 평행 또는 횡단해서 통과하는 것으로 박스 암거가 일반적이다.

#### 2) 구조형식에 의한 분류

##### 가) 박스 암거

일반적으로 박스암거는 현장타설 철근콘크리트로 시공되는 경우가 많고 도로용 또는 수로용으로 쓰인다. 도로용의 경우에는 1련(一連) 박스암거를 사용하는 것이 일반적이고, 수로용인 경우에는 수로의 유지관리는 1련 박스암거가 바람직하나 암거의 높이에 제약이 있기 때문에 필요단면을 구하기 위하여 높이에 비하여 폭이 넓어지는 경우(2배 이상)에는 박스암거의 구조상 2련으로 하는 경우가 있다.

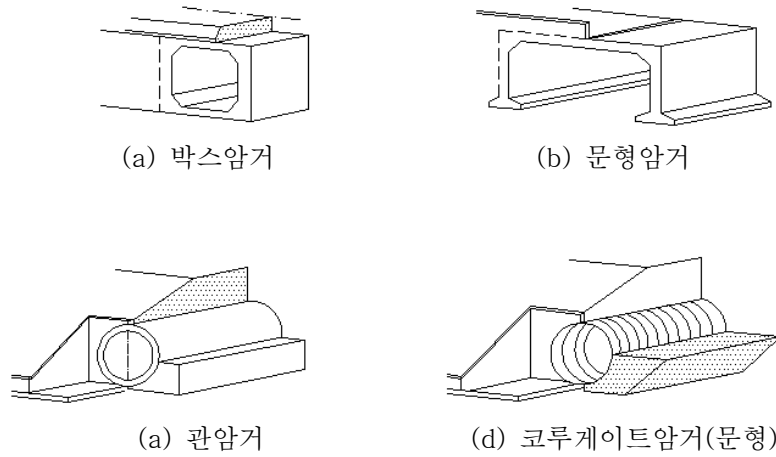


그림 4.66 암거의 종류

#### 나) 문형암거(門形暗渠)

문형암거는 기초지반이 양호한 장소에 설치하는 것이 일반적이거나 필요단면이 클 때 또는 시공 중에 물푸기가 불가능하여 박스암거 저판의 시공이 현지의 상황으로 곤란할 경우에 사용한다. 문형암거는 지간이 길어져 높이의 2배 이상이 되면 구조상 2련으로 하는 것이 유리하나 규모가 커지면 교량으로 설계해야 한다.

#### 다) 관암거

관암거는 수로용으로 사용되며 영구구조물 또는 가설물로서 그 목적에 따라 널리 사용된다. 파이프암거는 관의 종류에 따라 그 강도가 달라지므로 흙 피복두께, 하중의 작용상황 등에 따라 기초형식이 변하므로 현장의 상황에 따라 적절한 관 종류를 선정해야 한다.

#### 라) 코루게이트강암거

코루게이트강암거는 역학적으로 요성(撓性)암거로서 횡단방향 또는 종단방향으로 그 장점을 활용할 수 있는 장소에 사용된다. 또 코루게이트관은 경량으로 다수 겹쳐서 적재할 수 있으므로 운반이 유리하며 현장시공시 대형의 건설기계를 필요로 하지 않으므로 산간부 등에서 사용하는 예가 많고, 현장시공의 용이함과 전용이 용이하기 때문에 가설용수로 쓰이는 일이 많다.

그러나 코루게이트 강암거는 그 특징인 요성을 활용하는 것이기 때문에 시공에서는 설계에서 고려한 것을 충분히 발휘할 수 있는 시공방법을 사용하지 않음 사고의 원인이 될 소 있다.

## 다. 단면형상의 결정

### 1) 수로용 암거

암거의 통수단면은 설계유량을 안전하게 통수할 수 있는 단면이어야 한다. 설계유량은 기존수로의 통수량으로 암거를 설치할 경우 종래의 기록 또는 기초수로의 계획유량을 사용하며, 신설암거에서는 집수면적, 지형, 강우강도 등에 의하여 유출량을 산출해서 설계유량을 결정해야 한다. 이 유출량의 산출에 대해서는 『농업생산기반 정비사업 계획설계기준 배수편』 등에 의한다.

또 소구경암거일 때는 계산상의 유량이 적어도 청소 및 보수, 침니(浸泥 : 갈아엎아 쌓인 진흙)에 의한 단면감소를 고려해서 내경 60cm이상으로 하는 것이 바람직하다. 마찬가지로 계곡 등에서 암거는 호우 시에 물 뿐만 아니라 다량의 토사 및 유목이 퇴적되어 그 기능을 상실하지 않도록 단면에 상당한 여유를 두어야 한다.

### 2) 통로용 암거

도로통로서 지역의 분단, 재래도로가 차단될 경우에는 지방주민과 협의하여 이들 지역의 연결도로를 확보하기 위하여 암거가 채용되는 경우가 있다. 이 목적에 쓰이는 암거의 단면은 재래도로의 폭, 교통량, 수로의 유무, 장래계획 등을 검토해서 결정해야 한다.

## 라. 생태이동통로로서의 암거

### 1) 구형암거

(1) 인접한 법면에서 주변수림과의 거리를 짧게 하면서 유도식재를 하여 동물이 불안감 없이 이용하도록 한다.

(2) 사슴과 멧돼지의 이용을 위해서는 폭, 높이가 각각 4m 이상이 되어야 한다.

(3) 동물은 번쩍거리는 빛을 싫어하므로 횡단구에는 관 등으로 덮개를 한다.

(4) 노면은 흙이 좋다.

(5) 너구리와 족제비 등은 구형암거와 함께 설치된 도랑(측구)을 잘 이용하므로 사람과 차량의 통행이 어느 정도 예상되는 경우에는 옆 도랑의 설치가 바람직하다.

(6) 옆 도랑을 이용한다든지, 또 굴러 떨어진 소형 동물이 다시 측구로부터 탈출할 수 있도록 비탈을 설치한다.

(7) 옆 도랑 내에 유량이 많지 않은 경우에는 동물이 다리를 적시지 않고 통행할 수 있도록 측구 바닥에 작은 계단을 설치하는 방법도 좋다.

### 2) 관암거

(1) 배수와 겸용이 되는 경우에 관속에 선반을 설치해서 동물이 물에 젖지 않고 통행할 수 있도록 배려한다.

(2) 관 출입구의 집수통에 동물이 이용하기 쉽도록 계단상의 선반과 경사를 설

치하는 것을 고려한다.

(3) 너구리 등 포유류가 이용할 수 있도록 최저 직경 1m 이상은 필요하다.

#### 4.7.6 농촌가로공원

보행자와 운전자의 휴식 및 지역주민 대화의 공간, 농산물 건조와 같은 작업공간 등의 역할을 고려한 농촌가로공원 조성을 검토한다.

운전자와 보행자에게 휴식공간을 제공하고 마을 입구에 모임과 휴식공간을 조성하여 마을쉼터로 활용한다. 도로변에 경관에 따른 조망이 좋은 곳에 주차와 휴식이 가능하도록 한다.

농촌가로공원은 주변에 농지나 하천 및 노건과 관련된 여유부지를 활용할 수 있는 곳, 버스정류장 등 대중교통이용 장소나 마을입구나 사람의 통행이 많은 곳을 선정한다. 농촌가로공원은 주차공간, 통행공간, 휴식공간, 조망공간, 식재공간 등으로 구성할 수 있다. 또한 농촌가로공원은 휴식이 주 기능이므로 벤치, 파고라, 경관 해설판 등을 설치한다.

#### 4.7.7 생태이동통로 및 서식처 보호시설

농촌도로 건설에 따른 동물이 서식하는 공간 훼손과 동물이동 단절 방지를 최소화하기 위하여 동물(양서류 포함) 이동통로 및 서식처 보호시설의 설치를 검토해 한다.

도로건설로 인하여 자연이 훼손될 우려가 있는 경우에는 사전에 충분한 조사를 하여 노선계획단계에서부터 저감방안 및 대책을 세워야 한다. 그리고 도시화된 지역 보다는 비교적 양호한 농촌지역의 생태환경을 보호하기 위한 방안을 검토하여야 한다.

녹지와 연결성 및 야생동물의 서식처보호를 위해 농도의 입지와 노선을 평가·계획하고, 해당지역의 생태계와 경관을 고려함으로써 도로건설로 인한 자연환경 및 경관변화에 대한 영향을 최소화하는 도로구조를 선택해야 한다. 예를 들어, 광범위한 성토가 요구되는 구간은 교량구조로, 또 광범위한 절토가 요구되는 구간은 터널구조로 하여 원래의 자연을 보호할 수 있다.

##### 가. 생태이동통로

###### 1) 생태이동통로의 기능

- 생태계의 바이오토푸프(biotope: 소생활권) 시스템에서 서식처 간의 연결

- 이동경로와 서식지 범위의 보전
- 충돌에 의한 위험성의 제거
- 가장자리에 파괴된 서식처에 대한 새로운 대체 서식처의 제공
- 단절된 생태계의 연결로 생태계의 연속성 유지
- 기온 등 미세한 기상변화 저감효과
- 교육적, 레크리에이션 및 심미적 가치 제고

## 2) 생태이용통로의 필요성

· 농도가 건설된다고 하여 모든 지역에 생태이동통로를 조성하는 것은 아니므로 통로가 필요한 정도를 검토한 후에 조성여부를 결정한다.

· 생태통로를 조성한다고 해도 서식지보호가 어려울 경우에는 노선의 우회를 검토한다.

· 생태통로 조성과 더불어 필요시 다음과 같은 복구조치를 한다.

- ① 공사위치변경 또는 우회, ② 토지변경최소화, ③ 주변으로 부터의 악영향 요인 제거
- ④ 기존서식지 면적확대, ⑤ 주변서식지와 질적 유사성 강화, ⑥ 가드레일 설치, ⑦ 환경친화적 재료를 이용한 포장, ⑧ 은폐식생조성, ⑨ 대체서식지 조성

## 3) 생태이동통로의 확보

도로는 선형으로 연속된 구조물이므로 한 지점의 개조 변경량은 그다지 크지 않다고 해도 결과적으로는 동물의 생활, 행동권을 축소시키는 경우가 많다. 특히 이동범위가 비교적 넓은 중형 이상의 포유류는 낮은 성토로 이루어진 도로구간이라도 횡단을 위해서는 도로내부로 진입해야 한다.

동물류의 이동경로 특성의 하나는 물가와 숲을 연결하는 선을 따라 이루어지며, 대개 등고선에 직각인 방향이 된다. 그리고 일반적으로 도로는 등고선을 따라 건설되므로 동물의 이동이 도로에 의해 방해받을 수 있다.

따라서 도로가 자연환경이 우수한 지역을 통과하는 경우 동물이동통로의 확보를 염두에 두고 도로구조를 검토해야 한다. 이를 위해서 미리 동물의 이동경로 및 서식지 현황 등을 조사해 둘 필요가 있다.

생태이동통로를 확보하고자 할 때는 다음 사항을 고려해야 한다.

· 생태이동통로 설치의 원상태의 자연생태계 기능과 구조와의 유사성 정도에 따라 복원, 복구, 대체의 개념을 적용하여 판단하며, 도로개설에 따른 생태이동통로 설치의 주로 “대체”의 개념에 속한다.

· 농촌도로의 계획노선이 동물 서식지를 통과할 경우에는 야생동물의 기존 이동통로를 차단함으로써 동물과 자동차의 충돌사고를 방지해야 한다.

· 차단된 야생동물의 이동통로는 생태통로를 조성해줌으로써 동물의 우회적 이동을 유도해 주어야 한다.



·생태이동통로를 설치할 경우에는 미리 목표 동물종류를 선정하고 효과적인 설치 장소 선정 등에 대한 사전조사가 있어야 한다.

·생태이동통로로 동물을 유도하기 위한 식재나 천적으로부터 은신하기 위한 식재 등을 설치하여 동물의 안전한 이동을 도모해야 한다.

표 4.85 생태이동통로 조성계획 기준

구 분	판단기준	계 획
이전상태 그대로 복원	<ul style="list-style-type: none"> <li>•원래 상태의 훼손경미</li> <li>•이전 상태에 대한 자료 충분</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•기존의 야생동물 이동경로를 그대로 복원</li> </ul>
이전 상태와 유사한 복원	<ul style="list-style-type: none"> <li>•원래 상태가 상당부분 훼손</li> <li>•이전 상태에 대한 자료가 있어 부분적 복원이 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•기존 야생동물 이동경로와 최대한 유사하도록 복원</li> </ul>
새로운 조건을 형성하여 복원	<ul style="list-style-type: none"> <li>•훼손의 정도가 심함</li> <li>•이전 상태에 대한 정보가 거의 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•공사 후 형성된 조건에 적합한 이동경로를 새로이 조성</li> </ul>

#### 4) 생태이동통로 위치 결정

·생태통로의 위치는 대상지에 어떤 동물이 주로 서식하는지를 파악하여 선정한다.

·기존의 이동로를 파악하여 통로조성위치를 결정할 때 반영한다.

·주변부와의 연결방안을 고려하여 생태적 연속성이 유지될 수 있도록 위치를 선정한다. 표 4.86는 생태이동통로의 위치결정 시에 고려해야 할 사항이다.

표 4.86 생태이동통로 위치결정시 고려사항

항 목	주요 고려 사항
주요 대상 동물 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업 대상지의 우점(가장 개체수가 많은) 동물 파악</li> <li>• 자연환경보호법 제2조 및 제3조에 규정된 동물은 특정종류를 위한 생태통로조성사업의 경우에도 보전방안 강구 필요</li> <li>• 주요대상동물의 서식지 특성 파악</li> </ul>
기존 이동로 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치 및 개수 조사</li> <li>• 이용한 흔적이 있는 종 파악</li> <li>• 훼손 가능성 파악</li> </ul>
주변부와 연결방안 고려	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주변 서식지와 생태적 연속성 검토</li> <li>• 동물이동의 장애물 존재 여부 및 제거 가능성</li> <li>• 주변 서식지의 토지 소유권 파악</li> </ul>
개발계획 및 경관 생태학적 분석 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 향후 주변지역의 개발계획, 특히 주변지역이 도시화된 경우 도로 및 택지개발사업의 시행계획 파악 필요</li> <li>• GIS기법을 이용한 경관 생태학적 기능 평가를 통하여 여러 개의 통로를 조성하여 종합적 생태계 복원 시도</li> </ul>

5) 생태이동통로 규모 결정

생태이동통로의 규모를 결정하기 위한 명확한 기준은 아직 연구된바가 없다. 규모는 표4.87의 사항을 참고하여 결정한다.

표 4.87 생태이동통로 규모결정시 고려사항

항 목	주요 고려 사항
주요 대상 동물의 특성 고려	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 이동로 특성 파악</li> <li>• 연결 대상 서식지간 거리는 가능한 짧고, 직선을 유지</li> <li>• 주요 대상 동물종의 먹이종이 서식 가능하여야 함</li> <li>• 통로 안에 서식하는 특성을 지닌 종의 경우 이들의 서식이 가능한 크기이어야 함</li> <li>• 통로의 길이가 길수록 폭은 넓게 함</li> </ul>
주변부 처리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통로 주변부에 동물들이 자연스럽게 접근하도록 식재 등 처리가 가능한 공간이 있어야 함</li> </ul>
외부 영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 장마, 홍수, 토사유출 등에 대한 대비 고려</li> <li>• 외래종의 이입을 가능한 한 회피할 수 있도록 함</li> <li>• 기타 외부 영향(소음, 빛, 천적-predators- 등)의 최소화</li> </ul>

6) 동물군별 생태이동통로 조성시 고려사항

생태이동통로를 조성할 때에는 보호하기 위한 목표종류에 따라 고려해야 할 사항이 다르며 표4.88을 참조한다.

표 4.88 생태이동통로 동물군별 고려사항

동물군	서식특성	고려사항	적절한 생태통로형태 (주1)
곤충류	<ul style="list-style-type: none"> <li>생활주기가 짧음</li> <li>식물상과 토양환경에 의한 영향 많이 받음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인근에 서식하고 있는 곤충들의 먹이, 수원(水源), 휴식, 번식장소의 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>징검다리 형태</li> </ul>
양서, 파충류	<ul style="list-style-type: none"> <li>양서류(兩棲類): 산란장소와 서식지가 다름</li> <li>파충류(爬蟲類): 동면장소와 채식장소간의 이동 필요</li> <li>서식하는데 필요한 지역 간의 이동이 어려울 경우 멸절 가능성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산란장소-서식지, 동면장소-채식장소 간 이동로연결이 중요</li> <li>채식지, 휴식지, 번식지, 동면지 등 훼손된 요소에 대해서는 인위적 복원이 필요</li> <li>도로 양편 배수관거 연결용 횡단 배수관거 필요, 배수관거에는 낮은 경사도의 유인도로 설치 필요</li> <li>집수관 주변에는 철망이나 턱을 설치하여 동물들의 익사방지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교량형</li> <li>터널형도 설치 가능</li> <li>선형통로 바람직</li> </ul>
포유류	<ul style="list-style-type: none"> <li>개체군의 크기, 종류에 따라 생활양식의 차이가 뚜렷함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>철저한 사전조사로 동물군별 적절한 통로 종류, 주변의 식재와 식생 종류 결정</li> <li>소형: 먹이 또는 서식지로서 적합한 식물식재 중요</li> <li>중형: 먹이가 되는 동식물의 존재를 고려한 위치선정, 필요시 먹이를 찾아 이동하거나 성장 후 분산시 이용할 수 있는 공간조성 필요</li> <li>대형: 핵심-완충지역 연결용 대형통로 필요</li> <li>익수류: 정착과 증식까지 유도가 가능한 인공집 설치 고려 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>소형: 선형 적절</li> <li>중, 대형: 육교형 터널형</li> <li>익수류: 징검다리형</li> </ul>
조류	<ul style="list-style-type: none"> <li>3차원적인 공간을 이용하며, 서식공간이 넓음</li> <li>서식지-채식지 간 이동이 항상 일어남</li> <li>다른 동물군에 비하여 이동형태가 비일률적임</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>먹이 혹은 서식지로도 사용할 수 있는 식물에 대한 고려가 필요함</li> <li>도로를 통과하는 차량에 의한 피해를 막기 위해서 차량의 높이보다 더 높은 교목을 식재하여 새들이 주행차량보다 위로 지나가도록 함으로써 피해 저감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>일정한 형태보다는 징검다리식의 생태통로가 적합</li> </ul>

주1) 표4.90 생태이동통로의 구분 참조

## 나. 생태이동통로의 유형과 조성방법

### 1) 유형

생태이동통로는 크게 선형, 육교형, 터널형 등으로 구분할 수 있으며 이를 세분하면 표 4.90과 같으며 특징은 표 4.91에 설명되어 있다.

표 4.90 생태이동통로의 구분

종 류	의 미	예
선 형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로, 철도 혹은 하천변 등을 따라 조성된 통로</li> <li>• 식생을 이용하여 통로가 조성되곤 함</li> </ul>	Hedgerow Fencerow
육교형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 횡단부위가 넓은 곳, 절토지역 혹은 장애물 등으로 동물을 위한 통로조성이 어려운 곳에 만들어지는 통로</li> </ul>	Ecoduct Overbridge
터널형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인간의 영향이 빈번한 지역이며, 육상통로를 조성하기 위한 연결지역이 지상에 없는 경우, 또는 지하에 중소하천이 있는 경우에 만들어지는 통로</li> </ul>	Culvert Box Pipe

표 4.91 생태이동통로의 유형과 특징

유형구분	개념 및 특징
생태교량	<ul style="list-style-type: none"> <li>야생동물의 이동을 위해 도로상단부에 교량 및 박스를 설치하는 형식이다.</li> <li>가장 적극적인 방법이며 대형 시설물이다.</li> </ul>
소형동물 이동통로	<ul style="list-style-type: none"> <li>오소리, 너구리 등의 소형 포유류를 위한 유형의 단순한 형태로 생태관이라고도 불린다.</li> <li>도로개설 전·후 모두 설치가 가능하다.</li> </ul>
양서류 이동 및 유도수단	<ul style="list-style-type: none"> <li>양서류는 서식을 위해 적절한 습도가 유지되어야 하므로 도로개설에 따른 주변 환경의 변화와 분절 등이 발생할 경우 상당히 위태로워진다.</li> <li>따라서 도로개설에 따른 배수목적으로 설치된 구조물을 활용하여 이들의 서식과 이동에 도움을 주는 고려가 요구된다.</li> <li>도로주변에 설치된 U자형 측구 등은 양서류의 이동에 있어 결정적인 장애요소가 될 수 있으므로 낙하하더라도 탈출할 수 있는 시설을 고려해야 한다.</li> </ul>
지하통로	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로의 하단부에 박스 암거형태로 설치하는 유형으로 대상동물에 따라 규모의 차이는 있으나 생태교량에 비하여 규모가 작으며, 적은 비용으로 많은 장소에 설치가 가능한 장점이 있다.</li> </ul>
생태적 관거	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로개설 시 교차하는 소규모 하천의 경우 콘크리트 관을 매설하여 배수를 시행하는 방식에 생태적 개념을 추가하는 것이다.</li> <li>관거의 양측 입구부에 적절한 자연소재를 배치하여 야생동물이 이동할 수 있는 조건을 제고함으로써 배수 및 이동통로의 유지라는 2가지 목적을 달성할 수 있음 기존시설의 보완을 통해 쉽게 설치할 수 있는 장점이 있다.</li> </ul>
생태교량 및 그루터기벽	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존의 시설에 소규모의 시설을 부착 또는 보완함으로써 야생동물이 이동할 수 있도록 지원하는 시설이다.</li> <li>그루터기벽은 야생동물의 이동뿐만 아니라 곤충 및 소형 포유류의 서식공간인 다공질 공간을 제공하여 동물의 서식환경제공을 위한 것이다.</li> </ul>

## 2) 조성방법

### 가) 육교형 통로

- 건너편 조망 등 넓게 트인 시야 때문에 횡단 야생동물의 망설임이 최소화되도록 한다.
- 중앙보다 양끝을 넓게 하여 자연스러운 접근을 유도한다.
- 이용동물들이 불안감을 갖지 않도록 입·출구 및 통로전체는 주변식생과 조화를 이루도록 조성한다.
- 통로 양측에 벽면을 설치하여 주변으로부터의 영향(빛, 소음, 천적 접근 등)을 차단하여 동물들의 불안감을 최소화하고, 또한 벽면의 노출도 최소화하도록 한다.

- 필요시 통로내부에 계류(溪流) 또는 습지를 설치하여 양서류의 통행에도 이용될 수 있도록 배려한다.
- 배수가 제대로 이루어지지 않는 경우에는 배수로를 설치한다.
- 가능한 사람의 통행을 억제한다.
- 대상동물: 주로 중·대형 동물 (멧돼지, 오소리, 너구리, 고라니, 노루 등)
- 종류: Ecoduct, Overbridge

#### 나) 터널형 통로

- 입·출구 주변은 외부로부터의 영향(빛, 소음, 천적 접근 등)을 차단한다.
- 이용동물들이 불안감을 갖지 않도록 입·출구는 주변식생과 조화를 이루도록 조성한다.
- 동물들의 이용유도 및 도로 횡단에 의한 위험을 방지하기 위해 입·출구 좌·우 측으로부터 서식지 외부경계를 따라 방책을 설치한다.
- 필요시 통로내부에 배수로를 서리한다.
- 터널형 통로의 종류

- 통로박스: 도로가 수로나 작은 도로와 입체적으로 교차하는 곳, 또는 횡단거리가 짧고 서식지가 인접한 곳에 주로 설치하며, 통로박스의 경우에는 바닥에 식재를 할 필요가 없다.

- 암거(Culvert): 도로가 농수로나 개울을 통과하는 경우에 조성되는 상자형 통로로 수위의 고저차가 적은 경우에 주로 이용되고, 내부의 벽면 양측에 외부로부터 입·출구와 연결되는 턱구조물을 설치한다.

- 파이프(Pipe): 횡단지역과 서식지 간 지표면에 차이가 적거나 도랑이 있던 곳에 주로 조성하고, 너구리, 족제비 등을 위한 통로의 경우 내부를 주름지게 만들며, 배수 겸용인 경우 도랑에 빠지지 않도록 도랑에 경사로를 추가한다.

- 그루터기 벽: 대규모 시설이라기보다는 기존의 시설에 있어 소규모의 시설을 부착 또는 보완함으로써 야생동물이 이동할 수 있도록 지원하는 시설이다. 이는 야생동물의 이동뿐만 아니라 곤충 및 소형 포유류의 서식공간인 다공질 공간의 제공을 통한 동물의 서식환경제공의 접근방법이다.

#### 다) 서식처보호시설

도로건설은 기존의 자연환경을 파괴하여 야생동물의 서식처를 사라지게 하거나 시각적으로 부정적인 결과를 유발하는 경우가 많다. 이럴 때, 수림대(樹林帶)나 차폐림(遮蔽林) 등 인위적인 자연친화시설을 도입하여 단절된 녹지를 연결하고, 야생동물의 서식처를 조성하도록 한다.

조성되는 수림대나 차폐림은 기존식생과 유사한 구조를 가지는 식재를 하여 개발 지역의 생태계의 변화를 최소한으로 억제할 수 있어야 한다.

도로에 설치된 조명이나 자동차의 전조등은 식물이나 동물에 악영향을 끼칠 수 있으며, 식물의 경우 주야의 광량차이가 적어져서 자연성장이 저해될 수가 있으므로 차광판을 설치하거나 빛의 파장을 고려한 자연친화적 조명을 설치한다.

#### 라) 조류를 위한 횡단유도 식재

지상에서 먹이를 구하는 조류나, 초원을 좋아하는 조류는 도로 법면의 초지환경을 좋아하므로 자동차와 충돌사고를 일으키곤 한다. 또한 수림대를 벌채하여 도로전망이 나빠진 장소에서는 비둘기와 꿩 종류 등이 저공이나 지상을 이동하는 경우 사고를 당하기도 한다. 조류가 도로를 횡단할 시의 고도는 주위의 환경과 종류에 따라서 다르지만 크게 비상고도를 취하는 것으로 알려져 있다. 이중에서도 낮은 고도를 취하는 조류가 충돌사고를 일으키기 쉽다. 고로 이런 사고를 예방하기 위하여 횡단이 예상되는 도로 구간에 차량의 높이보다 높은 고도로 비행 횡단할 수 있는 유도식재를 검토할 필요가 있다.

(1) 조류의 경우도 포유류와 같이 종래부터 이동이 자주 이루어지던 장소 혹은 수림지대의 근처를 선택하여 유도식재를 한다.

(2) 유도식재는 갓길까지 식재함과 동시에 식재밀도를 높게 할 필요가 있다. 이때 갓길 식재나무에 대해서는 나무높이를 높게 하여 조류의 비행고도를 높게 유도하여 사고를 방지하도록 한다.



## 4.8 교통안전시설

### 4.8.1 일반사항

농도에서도 차량, 보행자 등이 안전하고도 원활한 교통을 도모하기 위하여 필요에 따라 교통안전시설을 설치한다.

농도에서도 자전거, 농업기계, 보행자 등이 안전하고도 원활한 교통을 도모하기 위하여 농도상에 생기는 위험을 통행자에게 예지시키고, 사고의 피해를 경감시키기 위한 시설이나 농도이용상의 안전을 위하여 각종 제약 등의 설치를 검토해야 한다.

교통안전시설은 농도의 규모, 중요도, 환경조건 등을 검토하여 필요에 따라서 설치하고 안전하며 경제적이어야 한다. 교통안전시설은 방호울타리, 조명시설, 도로반사경, 시선유도표, 보도, 자전거도 및 입체횡단시설이 있다. 또한 이러한 시설들에 대해서는 기능성만 고려하여 설치하는 경향이 있으나 전체경관과의 조화를 이루도록 배려해야 한다.

### 4.8.2 방호울타리

방호울타리는 길 밖으로의 차량이탈방지, 보행자의 보호, 보행자의 횡단억제 등을 목적으로 설치한다. 그 설치장소는 농도의 종류, 규모, 교통량, 입지조건 등을 감안하고 그 형식 및 구조는 성능, 경제성, 주행상의 안정감, 시선유도, 시공의 조건 등을 고려해서 결정한다. 또한 주위경관과의 연속성을 고려하여 설치한다.

방호울타리는 주로 주행 중에 진행방향을 잘못 잡은 차량이 진행하는 차도의외, 반대방향 차선 또는 보도 등으로 이탈하는 것을 방지하고, 승객이나 보행자 등의 상해 및 차량의 파손을 최소한으로 억제하는 동시에 차량을 정상적인 진행방향으로 되돌아오게 하는 것을 주목적으로 하며, 운전자의 시선을 유도하여 안전운행이 되도록 하고, 보행자가 함부로 횡단하는 것을 억제하는 역할을 하는 시설이다.

방호울타리에는 차량의 충돌을 고려하는 것과 그렇지 않은 것으로 구분된다. 방호울타리의 형태를 고려함에 있어서는, 도로경관이나 지역성 및 생태계의 배려가 필요하지만 단순한 것을 사용하는 것이 바람직하다. 방호울타리는 설치장소에 따라 차도측 및 보도용 방호울타리로 분류할 수 있다.

#### 가. 방호울타리 설치장소

방호울타리는 그 용도에서 노측용 방호울타리, 분리대용 방호울타리, 보도용 방호울타리로 분류된다. 다음과 같은 구간에는 원칙적으로 방호울타리를 설치한다.

1) 노측에 설치할 경우

가) 노측과의 관계

- ① 비탈면의 기울기  $i$  (자연그대로의 비탈 기울기, 성토부에서의 비탈면 기울기 및 구조물과의 관련에 따라 설정한 비탈면 기울기를 포함하여 수직높이 1에 대한 수평 길이의 비율을 말함)와 노측높이  $h$ (원 지반에서 노면까지의 수직높이를 말함)가 그림 4.41과 같이 사선범위에 있는 구간
- ② 비탈면 및 비탈 끝에 암 등이 돌출한 구간에서 특히 필요하다고 인정되는 구간
- ③ 농도가 바다, 호소, 하천, 수로, 철도 등에 접근해 있는 구간에서 필요하다고 인정되는 구간

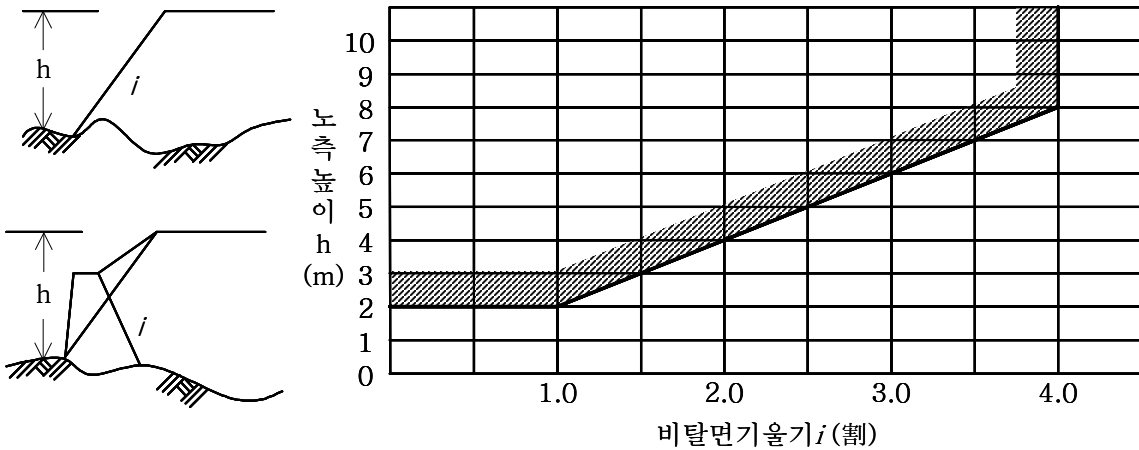


그림 4.67 비탈면 기울기와 높이의 관계

나) 폭, 선형 등과의 관계

- ① 차도 폭이 급격하게 좁아진 농도에서 필요하다고 인정되는 구간
- ② 곡선구간이 대체적으로 300m이하의 농도에서 전후 선형을 고려하여 필요하다고 인정되는 구간
- ③ 약 4%를 초과하는 내리막 기울기의 농도에서 필요하다고 인정되는 구간
- ④ 변형교차의 농도에서 필요하다고 인정되는 구간

다) 구조물과의 관계

교량, 고가, 터널 등의 전후 농도에서 특히 필요하다고 인정되는 구간

라) 기 타

- ① 보행자, 인가 등의 안전을 위하여 필요하다고 인정되는 구간
- ② 기상상황 등으로 특히 필요하다고 인정되는 구간

## 2) 분리대에 설치할 경우

선형조건이 좋지 않고 특히 이 방호울타리가 필요하다고 인정되는 구간 또는 주행속도가 빨라진다고 예상되어 위험하다고 인정되는 구간

## 3) 보도 등에 설치할 경우(방호울타리로 보도 등을 신설할 경우를 포함)

가) 차량의 길 밖으로의 이탈을 방지하고 보행자 등을 차량으로부터 보호하기 위하여 필요한 구간

- ① 연도에 인가가 있어 차량이 들어와 중대한 사고가 예상되는 구간
- ② 주행하는 차량의 속도가 빠르고 보행자, 자전거 등이 위험하게 방치되어 그 보호를 위하여 필요하다고 인정되는 구간. 다만, 이 경우에도 보도 또는 자전거 등(자전거보행자도, 자전거도로를 말함)의 폭에 여유가 있는 경우에는 보행자의 보호를 위한 방호울타리를 대신하여 도로측용 방호울타리를 보도와 차도의 경계에 설치할 수가 있다.

나) 간이보도의 신설 또는 보행자의 횡단방지를 위하여 필요한 구간

- ① 보행자가 농도횡단을 금지하고 있는 구간 또는 금지하려고 하는 구간
- ② 보행자가 횡단보도 이외의 장소에서 농도를 횡단하여 교통사고가 발생할 구간
- ③ 주행하는 차량이 속도가 낮아 사고감소의 효과가 기대되는 구간

다) 보행자도로, 자전거도로 등의 외측이 위험해서 보행자, 자전거 등의 넘어져 떨어짐을 방지할 필요가 있는 구간

## 나. 설치방법

방호울타리의 설치에서는 농도의 상황을 조사하여 방호울타리의 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 설치해야 한다.

- ① 농도 및 교통의 상황이 동일한 구간이 2개 이상인 경우 당해구간이 접근하여 있을 때에는 당해 2구간에 설치하는 방호울타리는 원칙적으로 형식, 색조, 종별 등을 동일한 것으로 한다.
- ② 농도 및 교통의 상황이 동일한 구간 내에 설치하는 방호울타리는 부득이한 경우를 제외하고 연속해서 설치한다.
- ③ 방호울타리는 당해구간의 전후에 적어도 20m 정도 연장해서 설치한다.
- ④ 토공구간에 짧은 교량 등의 구조물이 있을 경우에는 토공구간의 방호울타리와 동일한 것을 구조물에도 연속해서 설치한다.
- ⑤ 방호울타리의 지주는 원칙적으로 연직으로 설치한다.
- ⑥ 방호울타리의 지주는 원칙적으로 울타리에서 도로 외측 방향으로 차량의 최대진입방향을 정해서 설치한다.

- ⑦ 방호울타리의 차량진입 측 단부는 가능한 한 도로 외측 방향으로 휘게 설치한다.
- ⑧ 방호울타리의 단부는 분리대개구부, 접근도로와 교차부 등의 도로구조와의 관계를 고려해서 설치한다.
- ⑨ 분리대에 방호울타리를 설치할 경우에는 원칙적으로 분리대의 중앙에 설치한다.
- ⑩ 가드 케이블(Guard cable)의 연장은 500m로 한다.

방호울타리는 일정구간에 있어서 형식이나 색조를 통일하여 연속성을 확보하고, 주위 경관과의 조화에 유의하고, 조망이 좋은 구간에서는 가드레일 등 될 수 있는 한 조망을 해치지 않는 방호재료를 선택하고, 도로 외부로 부터의 경관도 고려하여 방호울타리의 이면 색이나 형상을 배려하며, 울타리를 식재로 감싸서 경관에서 오는 위화감을 저감시키는 방법도 고려한다.

방호울타리의 디자인 내용에 지역의 상징이나 특산품을 포함시킴으로서 지역을 홍보하고, 울타리의 소재로 지역의 산물을 이용함으로써 주변 환경과의 조화를 이루고 지역의 특성을 강조하도록 한다. 이 경우 방호울타리의 강도에 유의해야 한다.

#### **다. 방호울타리의 형식**

방호울타리의 형식에는 가드레일, 가드파이프, 박스 빔(Box beam), 가드케이블, 오토 가드(Auto guard) 등의 여러 형식이 있고, 보행자의 횡단 억제를 위한, 펜스(Fence)에는 파이프, 망, 체인 등의 형식이 있다.

방호울타리의 형식설정에는 성능, 경제성, 주행상의 안전감, 시선유도, 전망쾌적성, 주위의 도로환경과의 조화, 시공의 조건, 분리대의 폭, 유지수선 등에 유의해서 선정해야 한다.

방호울타리의 특징과 설치에 적당한 장소는 표4.92 및 표4.93와 같다.

표4.92 각 형식에 대한 방호울타리의 특징

형 식	장 점	단 점
가드레일	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 적당한 강성과 인성을 갖는다.</li> <li>• 파손부분의 교체가 용이하다.</li> <li>• 시선유도성이 있다.</li> <li>• 곡선반경이 작은 구간에 사용할 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 더러움이 눈에 띄기 쉽다.</li> </ul>
가드파이프	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 곡선반경이 작은 구간에 사용할 수 있다</li> <li>• 전망쾌적성이 우수하다.</li> <li>• 적설지방에 유리하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이음의 시공이 고가이다.</li> </ul>
박스 빔	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 좁은 분리대에 사용할 수 있다.</li> <li>• 전망쾌적성이 우수하다.</li> <li>• 적설지방에 유리하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 곡선반경이 작은 구간에 사용할 수 없다.</li> </ul>
가드케이블	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 로프의 재사용이 가능하며 보수가 용이함</li> <li>• 전망쾌적성이 가장 우수하다.</li> <li>• 적설지방에 유리하다.</li> <li>• 지간간격을 자유롭게 할 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 곡선반경이 작은 구간에 사용할 수 없다.</li> <li>• 짧은 구간에서는 비경제적이다.</li> <li>• 말단의 보수가 곤란하다.</li> <li>• 앵커의 장소가 필요하다.</li> </ul>
오토가드	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가벼운 접촉 시 차체의 손상이 작다.</li> <li>• 부식의 영향을 받지 않는다.</li> <li>• 전망쾌적성이 우수하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 점검 및 보수가 곤란하다.</li> <li>• 충돌조건이 심한 경우에 안전성이 떨어진다.</li> </ul>

표 4.93 각 형식의 설치에 필요한 장소

형식 설치장소	적은 곡선 구간	시선유 도가 필요한 장소	전망장애 적성이 필요한 장소	적설지 방	설치폭 을 크게 잡을 수 없는 장소(분 리대)	많은 부등침 하가 예상되 는 장소	내식성 이 필요한 장소	긴 직선 구간
가드레일	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
가드파이프	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	
박스 빔		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
가드케이블			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
오토가드			<input type="radio"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

대단히 좋다     적당하다

### 4.8.3 조명시설

조명시설은 야간 및 터널 등에서 차량, 보행자의 교통위험을 방지하고 원활한 통행을 목적으로 설치하는 것으로 농도의 입지조건 및 교통상황에 따라서 설치한다. 이 경우 조명시설의 광원, 조도 및 구조는 조명효과, 경제성, 유지관리 등을 고려하여 적절히 선정한다.

#### 가. 조명시설의 설치장소

조명시설은 농도상에서 장애가 될 수 있는 물체를 보기 쉽게 하는 동시에 시선유도 효과를 갖는다. 이를 위해 다음과 같은 곳에는 국부적으로 조명시설을 설치한다.

- ① 교통신호기가 설치되는 교차점 및 횡단보도
- ② 야간교통사고가 발생할 염려가 있는 장소
- ③ 긴 교량 및 긴 터널

야간에 많은 교통량이 있는 농도에서 다음과 같은 곳에서는 필요에 따라 국부적으로 조명시설을 설치한다.

- ① 횡단보도
- ② 교량 또는 터널
- ③ 농수산업시설 등에 접속하는 농도부분
- ④ 농도의 굴곡부나 폭, 종단기울기가 급변하는 곳 등에서 농도의 구조 및 교통상황에 따라 특히 필요하다고 인정되는 곡

또한 경지나 택지에 접근하여 조명시설을 설치하는 경우에는 조명이 농작물, 주

택, 가축 등에 나쁜 영향을 미치지 않도록 주의해야 한다.

도로조명은 그 설치장소에 따라 연속조명, 국부조명 및 터널조명의 세 가지로 대별할 수 있다. 연속조명은 원칙적으로 포울(Pole) 조명방식을 선정한다. 국부조명의 조명방식은 연속조명방식의 조명을 준용하기도 한다. 또 터널조명의 조명방식은 구조물 접근조명방식으로 하는 것을 원칙으로 한다.

### 나. 광원의 선정

조명시설의 광원은 형광수은램프, 나트륨램프, 저압나트륨램프 및 형광램프 중에서 선정한다.

형식 그 선정에 대해서는 다음사항에 유의해야 한다.

- ① 효율이 높고, 수명이 길 것
- ② 주위온도의 변동에 대해서 결정할 것
- ③ 광색과 연색성(演色性)이 강할 것

형광수은램프, 나트륨램프, 저압나트륨램프 및 형광램프에 대해서 도로조명용 광원으로서의 특징을 정리하며 표 4.94와 같다.

표 4.94 각종 광원의 특징

항목 \ 광원의 종류	광원의 종류				
	형광수은 램프	고압나트륨 램프	저압나트륨 램프	형광램프	
평균 수명	길다	길다	보통	보통	
종합 효율	보통	높다	높다	보통	
광 색	백색	등(橙)백색	등황색	백색	
연 색 성	양호	보통	불량	양호	
주 위 온 도 의 영 향	효율	없다	없다	없다	있다
	시동	저온 시동곤란	없다	없다	저온 시동곤란
감 광 여 부	가능	가능	곤란	가능	

### 다. 연속조명

#### 1) 조명등의 높이, 오버행(overhang) 및 경사각도

조명등은 건축한계 외에 설치하는 것으로 조명등의 높이, 오버행 및 경사각도는 원칙적으로 표 4.95에 의한다.

표 4.95 조명등의 높이(H), 오버행(Oh) 및 경사각도(θ)

조명등1(일)등당 광원의 광속(光束)(1m)	H(m)	Oh(m)	θ(도)
15,000미만	8 이상	-1 ≤ Oh ≤ 1 다만, 발광부분이 .6m이상의 조명기구는 -1 ≤ Oh ≤ 1	5 이하
15,000이상 30,000 미만	1 이상		
30,000이상	12 이상		

2) 조명등의 배열

농도의 직선부에서 조명등의 배열은 편측배열, 갈지자배열 및 대칭배열의 3종류로 하고 차도폭 및 조명등의 높이에 따라서 적절하게 선정한다.

곡선반경 1,000m이하의 곡선부에서 조명등의 배열은 그에 연결되는 직선부의 배열을 고려해서 편측배열 및 대칭배열 중에서 선정하고, 편측배열의 조명등은 원칙적으로 곡선의 외연(外緣)에 설치한다.

3) 차도폭과 조명등의 높이 및 간격

조명등의 높이 및 간격은 차도 폭, 배열 및 조명등의 배광에 따라 결정되며 원칙적으로 표 4.96과 같다. 다만, 곡선부의 외연에 설치하는 조명등의 간격은 표 4.87 및 표 4.97의 값 중 어느 쪽이든 적은 값으로 하는 것이 좋다.

표 4.96 조명등의 높이 및 간격

배열	조명등의 배광높이와 간격		Cut-off 형		Semi cut-off형	
	높이(H)	간격(S)	높이(H)	간격(S)	높이(H)	간격(S)
편 측	≥ 1.0W ≥ 1.5W	≤ 3.0H ≤ 3.5H	≥ 1.1W ≥ 1.7W	≥ 3.5H ≥ 4.0H		
갈지(之)자	≥ 0.7W	≤ 3.0H	≥ 0.8W	≥ 3.5H		
대 칭	≥ 0.5W ≥ 0.7W	≤ 3.0H ≤ 3.5H	≥ 0.6W ≥ 0.8W	≥ 3.5H ≥ 4.0H		

주) W : 차도 폭



표 4.97 곡선부의 조명등 간격

단위 : m

곡선반경(m) 조명등의 높이	300이상	250이상	200이상	200미만
12m미만	35이하	30이하	25이하	20이하
12m이상	40이하	35이하	30이하	25이하

**라. 국부조명**

국부조명은 각각의 정비목적을 충분히 고려하여 적절한 광원, 조명기구, 조명등의 배치방법 등을 선정해야 한다.

(1) 교차점의 조명은 진로를 변경하려는 자동차의 전조등 효과가 미치지 않는 곳은 보완하여 교차점에 접근하는 자동차의 운전자가 교차점부근의 다른 자동차, 보행자 등을 용이하게 식별할 수 있도록 조명을 해야 한다.

(2) 횡단보도의 조명은 자동차의 운전자가 횡단보도가 있는 것을 알고 횡단 중인 보행자가 잘 보이며, 횡단하기 위해서 보도의 연석 또는 도로 단에 있는 보행자도 잘 볼 수 있게 하는 것도 중요하다. 그러기 위해서는 일반적으로 횡단보도위에 또는 그 부근에 있는 사람의 하반신 0.5m 이상을 50m 전방의 운전자가 인지할 수 있어야 하며, 유효한 배경으로서 횡단보도 측의 35m이상의 노면이 밝게 보이면 된다.(그림4.67)

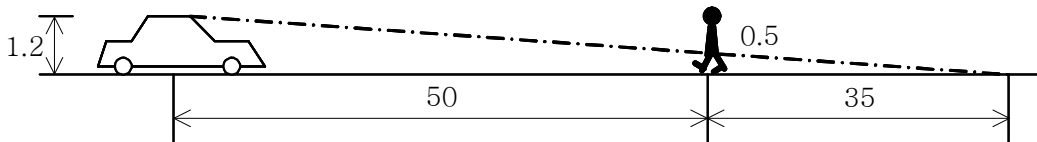


그림 4.67 운전자가 본 보행자의 배경길이(단위:m)

또 밝은 노면을 배경으로 하는 그림자 효과를 양호하게 하기 위해서는 횡단보도의 직전에 조명등을 설치하지 않는 것이 좋다.

(3) 교량의 조명은 교량의 구조 등에 따라서 조명등의 높이나 간격이 제한되는 수가 있다. 조명등의 높이가 제한된 경우에는 조명등의 위치에 주의해서 반사를 될 수 있는 한 적게 되도록 하고 간격은 높이를 기준으로해서 연속조명규정에 적합하도록 한다.

(4) 차도폭, 길어깨폭의 감소 등으로 폭의 구성이 급격히 변화하는 장소에서는 운전상 위험한 장소가 될 염려가 있으므로 도로표지, 방호울타리 등의 설치와 급변하는 장소의 상황이 멀리에서 인지될 수 있도록 필요에 따라서 조명시설을 설치한다.

(5) 평면선형이 급변하는 장소의 조명은 해당장소의 상황을 명시함은 물론 조명

등의 배치와 노면상의 조도분포의 연결로서 유도성이 양호하도록 조명등을 적절히 배치하여야 한다. 한편, 중단선형이 급변하는 장소의 조명은 전조등의 효과가 미치지 않는 정부(Road top)나 저부(Road bottom)에서 부근을 상세하게 알 수 있도록 적절한 조명등을 배치해야 한다. 또 고갯길에서는 운전자가 조명등으로부터 강한 반사를 받기 쉬우므로 조명등을 필요 이상으로 경사해서 접근하지 않도록 배려하고, 조명등의 배광(配光)을 제어하는 등의 배려가 필요하다.

(6) 건널목에서는 차단기, 건널목, 경고표지, 정지선 등이 인식되고 전방의 농도의 상황이 명확히 보일 수 있도록 고려해야 한다. 또, 노선방향으로는 가능한 한 직사광을 내지 않도록 배려해야 한다.

### 마. 터널조명

터널내부의 특수한 조건에서 교통의 안전과 원활을 확보함을 목적으로 한다. 터널조명에 사용하는 광원의 선정은 다음 특수성을 고려해야 한다.

- ① 배기가스
- ② 주간에는 높은 광도의 조명이 필요

터널조명에 사용하는 조명등의 선정에는 해당터널의 구조 및 보수작업에 적당한 구조와 배광특성을 고려해야 한다.

#### 1) 평균노면조도

터널 내의 평균노면조도는 설계속도에 따라 표 4.89의 값을 표준으로 한다.

또한 교통량, 터널의 길이에 따라 또는 야간의 평균노면조도는 표 4.98보다 적은 값으로 할 수 있으나 이 경우에도 10Lux 이상이어야 한다.

표 4.98 기본조명의 평균노면 조도

설 계 속 도(km/hr)	기 준 조 도(Lux)
50	25
40이하	20

주) 아스팔트 노면의 경우 조도는 본 표에 제시된 값의 1.7배로 함

#### 2) 조명등의 배치

조명등의 설치는 건축한계 외의 노면 위 4m이상을 확보도록 하는 것을 원칙으로 하고 배열은 대치배열, 갈지자 배열, 중앙배열의 3종류로 한다.

### 3) 조명등의 간격

(1) 높이에 대한 조명등의 간격은 표 4.99와 같다.

표 4.99 높이에 대한 조명등의 간격

배열의 종류	간격	비고
대칭배열	$S \leq 2.5H$	H : 조명등의 높이 S : 조명등의 간격
갈지자배열	$S \leq 1.5H$	
중앙배열	$S \leq 1.5H$	

(2) 조명등의 간격 설정에서는 반사로 인한 장애를 방지할 수 있는 배려를 해야 한다. 전기설비의 고장 등으로 정전이 위험이 없도록 필요에 따라 정전 시에 이용할 수 있는 조명을 설치한다. 야간에 터널출입구 부근의 노폭구성의 변화 등을 명시하기 위하여 필요에 따라 터널에 접속하는 농도에 조명시설을 설치한다. 전체 길이 50m이상의 터널에서는, 경계부, 이행부 및 완화부로 이루어지는 입구부근의 조명을 터널의 입구부에 설치하는 것을 원칙으로 한다. 입구부의 조명은 터널의 설계속도, 터널길이, 접속농도와 터널의 선형 및 야외의 조명을 고려해서 설계한다.

## 4.8.4 도로반사경

도로반사경은 다른 차량, 보행자, 장애물 등을 확인하여 위험을 방지할 목적으로 설치하는 것으로 농도의 입지조건 및 교통상황에 따라서 필요한 설치장소와 형식을 결정한다.

### 가. 도로반사경의 설치장소

안전을 확보하기 위하여 필요한 시거(視距)는 단로부(單路部)와 교차부(交叉部)로 구분하여 생각한다. 단로부에서는 전방에서 오는 차량을 제동정지시거 이전에서 확인해야 한다. 따라서 지형, 경계성 등의 이유로 부득이 농도의 설계속도에 대응하는 제동정지시거가 확보되지 않을 때에는 도로반사경을 설치하여 위험방지를 꾀한다. 또, 신호가 없는 전망이 좋지 않은 교차점, 건널목 등에서 사고가 발생할 염려가 있는 교차부에서 도로반사경설치가 효과적이다.

### 나. 형식 등의 선정

도로반사경의 선정에서는 영상의 시인성(視認性), 시계(영상의 범위), 경계성, 도로환경과의 조화, 유지관리 등에 유의해야 한다.

### 1) 영상의 시인성

영상은 확인해야할 위치에 있는 차량이 차량으로서 충분히 확인되어야 한다. 그러므로 경면(鏡面)의 곡률반경은 표 4.100을 표준으로 한다.

표 4.100 경면의 곡률반경

필요한 시거 또는 전망거리 D	D<40m	40m≤D≤60m	60m<D
경면의 곡률반경(mm)	1,500 2,200	3,000	3,600이상

또한 다음 (시계의 경면크기)에 기술할 경면의 크기로 충분히 시계가 확보될 경우에는 필요한 시계가 확보되는 범위 내에서 경면의 곡률반경을 크게 한다.

### 2) 시계

시계에는 확인해야할 차량 등은 물론이고, 그 부근의 교통 및 도로의 상황을 판단하는데 필요한 범위가 포함되어야 한다. 그러므로 현지의 상황을 충분히 조사할 필요가 있다.

시계는 경면의 곡률반경, 경면수(鏡面數), 경면형상 및 경면의 크기에 관련되므로 각각의 특징과 상호관계에 유의해야 한다.

#### 가) 경면수

단로부는 일면경(一面鏡)을 원칙으로 하여 사용한다. 교차부에서 한 방향만을 확인할 겨우 일면경을, 또 서로 다른 두 방향을 확인할 때에는 이면경(二面鏡)을 원칙으로 한다.

#### 나) 경면형상

경면형상은 도로반사경이 요구하는 상하방향의 시계를 조사해서 결정하여야 한다. 일면경 및 이방향(異方向)을 확인하는 이면경은 환형(丸形)을 원칙으로 한다. 다만, 상하방향의 필요한 시계가 좌우방향이 필요한 시계보다 좋은 경우는 각형(角形)을 사용해도 된다.

#### 다) 경면의 크기

경면의 크기는 “1) 영상의 시인성”에서 선정된 경면의 곡률반경과 “2) (나) 경면형상”에서 선정된 경면형상으로 필요한 시계가 확보되는 최소경면의 크기를 도로폭 등을 고려해서 표 4.101을 참조하여 선정한다.

표 4.101 경면의 크기 및 곡률반경

(단위: mm)

경면형태	경면의 크기( $\phi$ )	경면의 곡률반경
환 형	600	1,500
	800	2,200
	1,000	3,000
각 형	□ 450x600 □ 600x800	3,600이상

3) 형식선정의 목표

도로반사경의 형식을 선정하는 경우에는 필요한 시거 등을 확인해야 할 도로폭과 차선수별로 경면의 크기 및 곡률반경의 목표는 표 4.102와 같다.

표 4.102 경면의 크기 및 곡률반경선정의 목표

(단위 : mm)

필요한 시거 등(m) 확인해야할 도로의 폭(m)		30미만	30이상 ~ 40미만	40이상 ~ 50미만	50이상 ~ 60이하
		1차선	4.5	$\phi$ 600 □ 450×600 r=1,500	$\phi$ 600 □ 450×600 r=2,200
2차선	6	$\phi$ 800 □ 600×800 r=2,200	$\phi$ 800 □ 600×800 r=2,200	$\phi$ 1,000 r=3,000	$\phi$ 1,000 r=3,000
	7	$\phi$ =1,000 r=2,200	$\phi$ =1,000 r=2,200	$\phi$ =1,000 r=3,000	$\phi$ =1,000 r=3,000

주) 필요한 시거 등이 60m를 초과하는 경우에는  $\phi$ 1,000mm의 r=3,600mm 또는 이 이상을 선정하면 된다.

다. 설치방법

도로반사경은 대면 또는 교차하는 차량, 보행자, 장애물 등을 충분하고 용이하게 확인할 수 있는 위치, 높이, 각도 등을 선정해서 설치해야 한다. 다만, 건축한계를 고려해서 경면(鏡面), 지주(支柱) 등이 차량 또는 보행자의 통행에 장애가 되지 않도록 유의해야 한다.

#### 4.8.5 시선유도표지

시선유도표지는 노단 및 농도의 선형을 명시하여 운전자의 시선을 유도하기 위한 것으로 야간 및 주간에 시선유도를 위하여 필요한 구간에 설치한다.

##### 가. 시선유도표지의 설치장소

운전자가 쾌적하고, 차량을 안전하게 주행시키기 위해서는 농도의 선형을 파악하는 것이 중요하다. 시선유도표지는 이를 돕는 것으로 특히 야간이나 강우 또는 안개가 끼었을 때, 전망이 나쁘므로 노단(路端)을 명시하여 농도의 굴곡, 확폭, 교차상황을 알기 쉽게 할 필요가 있다.

이를 위하여 곡선반경이 작은 곡선부, 폭, 종단기울기가 급한 구역, 짙은 안개(濃霧)가 끼는 지역, 호우지대 등에서는 시선유도표지를 설치하도록 한다. 일반도로에서는 사고율이 곡률반경 500m이하의 곡선부나 종단기울기가 3% 이상의 구간에서 급증하는 경향이 있기 때문에 이와 같은 농도구간에는 시선유도표지를 설치해야한다.

##### 1) 설치상의 유의점

시선유도표지는 우측의 노측에 설치하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 곡선반경이 특히 작은 우곡 곡선부(右曲 曲線部)나 차선수가 변화하는 구간 등에서는 필요에 따라 우측의 노측에 설치해도 시선유도효과가 극히 적다고 인정될 경우에는 좌측에만 설치할 수도 있다. 또, 필요에 따라 중앙분리대나 교통섬 등에도 설치한다.

시선유도표지는 반사체, 반사체 고정틀 및 지주로 구성되며 반사체는 백색 또는 오렌지색의 원형으로 하고 직경은 100mm를 표준으로 한다. 다만, 직경이 클수록 반사되는 빛의 양이 증가하여 먼 곳에서부터 시인이 가능하므로 고속도로와 같이 자동차의 주행속도가 높은 장소 등에서는 직경 200mm의 반사체를 설치할 수 있다. 또, 지주는 백색 또는 이와 유사한 색으로 한다.

반사체의 접합 틀은 반사체를 지주에 고정시키기 위한 것으로 소재는 금속 또는 합성수지로 하고 지주는 반사체를 소정위치에 고정시키기 위한 것으로 소재는 금속, 콘크리트 또는 합성수지로 한다.

주간에도 농도가장자리의 위치를 명시할 필요가 있는 경우에는 백색기둥에 흑색 띠를 넣은 주야겸용 형을 사용한다.

##### 2) 설치간격

- ① 시선유도표지는 연속해서 설치하며 같은 간격으로 설치했을 경우 평면곡선반경이 작은 구간에서는 시선유도표지 상호간격이 시각적으로 넓게 보이기 때문에 원활하게 시선이 유도되지 않고 효과가 저하한다. 그러므로 평면선형에 관계없이 시각적으로 일정한 간격으로 시선유도표지가 보이도록 시선유도표지의 상호의 표준설치간격은 도로의 곡선반경에 따라 표 4.103에 따른다.

표 4.103 곡선부의 시선유도표의 간격

곡률반경(m)	설치간격S(m)	곡선반경(m)	설치간격S(m)
~ 50	5.0	406 ~ 500	22.5
51 ~ 80	7.5	501 ~ 650	25
81 ~ 125	10.0	651 ~ 900	30
126 ~ 180	12.5	901 ~ 1,200	35
181 ~ 245	15.0	1,201 ~ 1,550	40
246 ~ 320	17.5	1,551 ~ 1,950	45
321 ~ 405	20.0	1,951 ~	50

- ② 곡선의 천이지점에서 시선유도표의 설치는 원활하게 접선이 되도록 해야 한다.
- ③ 평면선형이 곡선에서 완화곡선을 거치지 않고 직선으로 이행할 경우에 표준설치간격을 그대로 적용하면 곡선의 천이지점에서는 설치간격이 원활한 시선유도를 해치는 경우가 있다. 그러므로 곡선에서 직선으로 이행하는 천이지점에서는 3개의 시선유도표를 설치하여 접속하는 방법으로 한다. 3개의 설치 위치는 다음에 의한다.
  - 제 1 유도표지 2S(단, 최대간격은 40m로 한다)
  - 제 2 유도표지 3S(단, 최대간격은 40m로 한다)
  - 제 3 유도표지 6S(단, 최대간격은 40m로 한다)
 여기서, S는 곡선상의 표준설치 간격이다.
 

예컨대 직선구간이 반지름 100m의 곡선구간으로 옮겨지는 경우의 제1, 제2, 제3의 시선유도표지의 간격은 반지름 100m의 S가 10m이기 때문에 각각 2S=20m, 3S=30m, 6S=60m 가 된다. 다만, 최후의 60m 는 최대설치간격(40m)을 초과하므로 40m로 한다.
- ④ 차선폭이나 차도부의 폭구성이 변화하는 구간에 설치할 경우에는 그 변화를 명확히 나타내는 설치구간이 되도록 고려해야 한다.
- ⑤ 좌측의 노측에 설치하는 경우의 설치간격은 우측의 노측에 설치하는 경우와 같다. 일반적으로 해당구간의 우측의 노측에 설치하는 시선유도표의 이면(裏面)을 사용한다.
- ⑥ 교통섬 등에 사용할 경우에는 적절한 시선유도가 되도록 설치간격을 결정한다.
- ⑦ 방호울타리 등에 사용할 경우의 설치간격은 지주 등의 위치를 고려해서 시선유도효과를 해치지 않는 범위에서 조정할 수 있다.
- ⑧ 종단선형이 급변하는 장소 등에서 불연속적으로 보일 경우에는 설치간격을 조정한다.

### 3) 설치위치 및 높이

시선유도표의 설치위치는 차량의 건축한계의 외측에 설치한다. 반사체의 설치높

이는 노면상 90cm이상 120cm이하의 범위에서 도로의 구간마다 정한다.

연속적으로 원활한 시선유도를 할 경우의 설치위치는 통일되어 있는 것이 바람직하다. 건축한계의 외측이란 방호울타리 등에 첨가하는 경우의 방호울타리의 위치를 의미하고, 방호울타리 등을 설치하지 않는 구간에서는 길어깨(방호길어깨를 제외) 바깥쪽을 말한다. 설치높이는 어느 정도 낮은 것이 반사성능이 좋아지고 유리하다. 그러나 자동차에 의해서 튄 흙탕물이 반사체에 부착해서 반사성능저하의 원인이 되는 경우가 있으므로 유지관리에 난점이 있다.

#### 4) 설치각도

반사체의 설치각도는 자동차의 진행방향에 대해서 직각으로 하는 것을 표준으로 한다. 다만 곡률반경이 적은 구간에서 진행방향에 대해서 직각일 경우 반사광이 약할 때에는 주행조사 등으로 설치각도를 변경하는 것이 바람직하다.

### 4.8.6 보도, 자전거도 및 자전거보행자도

보도, 자전거도 및 자전거보행자도는 보행자와 자전거의 완전한 통행공간을 제공하고, 자동차교통의 안전성과 원활한 흐름을 도모하는 것이며, 보행자와 자전거 및 자동차의 교통을 분리할 필요가 있을 때에 설치한다.

보행자, 자전거 및 자동차는 교통형태, 속도차가 다르므로 각각 다른 통행공간을 갖는 것이 바람직하다. 그러나 교통량이 적을 경우에는 동일공간을 이용하는 것이 현실적이라 판단된다.

보행자, 자전거, 자동차의 교통을 분리할 것인지는 3자의 교통량, 속도차이, 연도의 상황을 종합적으로 판단해야 한다.

자전거는 이용과 보관이 용이하며 목적지까지의 접근성이 높은 무공해 교통수단이므로 단거리에서는 자동차의 대체수단이 될 수 있다.

#### 가. 보도

인가(人家) 연속구간, 학교, 공원 등과 같은 공공시설의 접근구간, 교량, 터널 등에서 보도의 필요성을 검토한다. 이 구간에서 교통량이 많고 보행자에 대해서 특히 안전 확보가 필요한 경우에는 보도를 설치하는 것이 바람직하다. 분리방법은 연석 등의 공작물을 설치하는 방법 또는 식수대(植樹帶)를 설치하는 방법이 있다.

#### 나. 자전거도

학교 등의 공공시설부근에 자전거와 보행자의 교통이 많은 구간 또는 자전거통학 구간에서는 자동차, 자전거 및 보행자의 복잡한 혼합교통을 배제하고, 자동차와 보행자의 안전한 통행과 원활한 흐름을 위하여 자동차교통과 자전거 및 보행자의 흐름을



분리해야할 필요가 있다.

자전거교통을 분리할 것인가는 자동차의 교통량, 보행속도 및 자전거의 교통량과의 3요소를 고려해서 판단하는 것이 좋다. 일반적으로 자동차와 자전거와의 주행속도차가 큰 곳에서는 자전거교통을 분리해야 한다.

자전거도로는 경작지로의 이동, 통학수단, 대중교통으로의 접근, 레저 및 스포츠 등과 같은 기능을 가지고 있다. 또한 연결성 확보를 위해 자전거 이용수요가 발생하는 곳과 집중되는 곳을 연결하고 농촌경관과 더불어 조망권이 확보되는 곳에 휴게소를 설치하거나 인접 관광자원을 연계한 산책로를 조성하여 쾌적성과 편리성을 고려한다.

자전거전용도로는 강변 또는 자연지역에 설치되며 레저용으로 많이 이용되므로 차도와 인접한 경우에는 완충식재를 한다.

자전거도로가 도로를 횡단할 필요가 있는 경우에 지형이나 기타 요소를 고려하여 육교형 또는 터널형으로 설치할 수 있다.

자전거도로의 설계기준은 다음과 같다.

(1) 자전거도로의 폭

· 자전거도로의 폭은 사람이 자전거를 타고 있을 때 높이 약 2m 정도이고 폭은 0.6m 정도이다.

· 자전거도로의 설계 폭은 최소 1.1m 이상이어야 하고 도로로부터 2.4m높이까지는 장애물이 있어서는 안 된다.

· 지면에서 가로수의 밑가지까지의 높이는 2.4m이상으로 한다.

· 도로변의 가로등 표지판 등과 같은 시설물도 이와 같은 기준에 맞추어 설계한다.

· 2차선의 자전거도로는 도로의 폭이 최소 2.4m정도이어야 하며, 자전거보행자 겸용인 경우는 도로의 폭이 최소 3m정도이다.

(2) 자전거도로의 기울기는 자전거 평균속도와 안전을 고려하여 횡방향의 기울기가 최대 2%를 넘지 않도록 한다.

(3) 자전거도로가 교량 위로 지나가게 될 경우 혹은 육교형 자전거도로를 설계할 때 교량의 난간 높이는 자전거를 타고 있는 사람의 높이를 고려하여 최소한 1.05m이상으로 한다.

(4) 대중교통으로의 환승을 위해 자전거를 이용할 경우에 정류장 근처에 자전거보관대를 설치한다.

(5) 자전거도로와 자동차도로가 횡단보도와 같이 경계석을 사이에 두고 있을 때, 통행의 편리를 위해 경사로를 설치할 경우에는 기울기가 8%를 넘지 않도록 한다. 또한 경사로의 최소 폭은 0.9m정도이다.

#### 다. 자전거보행자도

자전거도는 자전거의 교통량이 어느 정도 많은 경우에 필요하고, 자전거의 교통량이 적은 경우에는 자전거보행자도의 설치가 현실적이다. 자전거보행자도는 자전거통행의 안전을 위해 필요하며 또한 자동차의 교통량이 많은 경우에 설치하도록 한다.

자전거보행자도를 검토할 경우에는 자전거교통과 보행자교통과의 알력이 생기지 않도록 적절한 폭을 확보하여야하고 설치 후에는 불법점용물건 등으로 통행에 해가 되지 않도록 유의해야 한다.

자전거보행자도의 구조는 자전거도의 구조에 준한다. 자전거도 등(자전거도 및 자전거보행자도)을 계획하는 방법은 두 가지가 있다. 하나는 차도 또는 보도와 거의 같은 높이로 하고 식수대 또는 연석 등의 분리시설을 설치하는 것이며, 다른 방법은 자전거도 등의 높이와 차도 또는 보도의 높이로 단차를 설치하는 것이다. 자전거주행상의 쾌적성으로는 차도와 같은 높이로 하여 차도와의 사이에 분리시설을 설치하는 것이 좋다.

#### 라. 자전거자동차 겸용도로

자전거자동차 겸용도로는 도로가 좁아서 자전거 전용차선의 확보가 어려운 경우에 적용한다. 경우에 따라서는 차도의 일부를 할애하여 자전거도로를 만들고 자동차의 제한적 진입을 허용하기도 한다.

### 4.8.7 입체횡단시설

입체횡단시설은 횡단하는 보행자 또는 자전거를 차도에서 입체적으로 분리함으로써 횡단할 경우에 발생하는 교통사고를 방지하는 등 횡단자의 안전을 도모하며, 차량의 안전과 원활한 교통을 확보하기 위하여 설치하는 것이다.

입체횡단시설에는 횡단보도교와 지하횡단보도가 있으며 농도의 규모, 보행자 또는 자전거의 횡단교통량, 차량의 교통량 등을 감안하여 설치장소, 시설의 형식 및 구조를 검토해야 한다.

#### 가. 입체횡단시설의 설치장소

농도에서 차량교통량이 많은 장소나 학생, 유아원생의 통학이 되는 장소, 인가연속구간 등에서 보행자 또는 자전거가 차도를 횡단할 필요가 있는 장소에는 농도의 교통상황에 따라 신호기로 대응하는 경우 외에 경제성을 고려하여 입체횡단시설도 검토해야 한다.

#### 나. 입체횡단시설의 형식 및 구조

입체횡단시설의 형식 및 구조는 이용의 용이, 교통에 미치는 장애, 경제성, 주위

의 농도환경과의 조화, 유지관리, 방법상의 문제, 미관 등을 고려해서 결정한다.

입체횡단시설에는 횡단보도교와 지하횡단보도가 있으며 지하횡단보도의 설치는 원칙적으로 다음과 같은 경우에 검토한다.

- ① 관광지부근 풍치지구 등에서 횡단보도교로는 심히 풍치를 손상할 염려가 있는 경우
- ② 횡단보도교에 비하여 경제성, 시공성 등이 유리한 경우
- ③ 방목지 등에서 우마 등의 횡단으로 필요하다고 인정되는 경우
- ④ 높은 성토부에서 비교적 공사비가 저렴하여 지하횡단보도를 설치할 수 있는 경우
- ⑤ 강설지역에서 횡단보도교로는 이용률이 상당히 저하될 염려가 있는 경우

지하횡단보도를 설치할 경우에는 지하라는 특성을 고려하여 조명, 환기, 배수시설 등을 검토하여 위생, 방법상 지장이 없어야 한다. 지하횡단보도의 내공단면(內空斷面)은 건축한계에 따라서 정하며 일반교통이 없는 농도에서는 통행에 지장이 없는 범위에서 이를 축소해도 된다.

#### 다. 설치상의 유의점

입체횡단시설의 설치위치는 횡단자와 자동차와의 분리가 촉진되도록 기존의 노상 횡단시설과의 간격을 고려해서 정해야 한다.

- ① 입체횡단시설의 선형은 횡단자의 주류에 따르는 것이 바람직하다. 또, 출입구(승강구)의 위치 방향은 횡단자의 이동을 고려해서 결정해야 한다.
- ② 입체횡단시설 설치 후 기설보도 등의 잔존폭(殘存幅)은 원칙적으로 1.5m 이상 확보해야 한다. 다만, 지형의 상황, 기타 특별한 이유로 부득이 한 경우에는 1.0m까지 축소할 수 있다.

입체횡단시설의 설치에서는 주행하는 자동차의 시거(視距)를 방해하는 위치에 출입구(승강기) 및 교각 등을 설치해서는 안 된다.

## 4.9 교통운영시설

### 4.9.1 일반사항

농도는 차량, 보행자 등이 안전하고 원활한 소통이 되도록 필요에 따라 교통운영시설을 설치한다.

농도는 자동차, 농업기계, 자전거, 보행자 등의 안전하고 원활한 교통을 위해 당해 농도의 기하구조, 교통량, 차종구성 및 도로환경을 고려함과 동시에 기타 도로의 교통제어시설과의 조화를 고려하여 필요할 경우에는 교통운영시설을 설치하여야 한다.

교통운영시설을 설치할 경우에는 설치장소, 설치방법 등을 검토하여 그 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 해야 한다. 특히 교통운영시설은 사전에 충분한 협의를 하여 그 기능이 발휘될 수 있도록 해야 한다.

주요 교통운영시설은 다음과 같다.

- ① 교통표지 및 교통안전표지
- ② 노면표지
- ③ 교통신호기
- ④ 기타 시설 (비상전화, 도로정보제공 장치 등)

### 4.9.2 도로표지 및 교통안전표지

농도는 농도구조를 보전하면서 교통의 안전과 원활한 교통소통을 위하여 필요한 장소에 표지를 설치하며 이는 도로정보의 전달을 목적으로 하는 도로표지와 도로상의 안전통행을 위한 안전표지로 구분된다.

우리나라는 도로표지와 교통안전표지를 관리하는 정부부처가 각각 건설교통부와 경찰청으로 구분되어 있기 때문에 서로 다른 명칭을 사용할 뿐, 실제로는 운전자에게 필요한 교통정보를 제공함으로써 도로나 주위환경의 위험한 상황을 사전에 알리고자 설치하는 공식적 형태의 교통정보이다.

우리나라에서 교통표지는 도로표지와 교통안전표지로 구분되며, 농도에 설치되는 교통표지는 주로 교통안전표지가 되겠으나, 간혹 도로표지가 설치될 경우가 있다.

농도에서 운전자는 대체로 낮은 속도로 주행하게 되므로 시인성(視認性)의 확보에는 유리한 점이 있으나, 농도의 특성상 지형이 좋지 않은 구간을 통과하는 경우가 많으므로, 사전에 도로의 주변상황을 운전자가 인식하도록 매우 세심한 교통정보의 설치가 필요하다.

일반적으로 안내표지는 도로이용자들에게 필요한 정보를 적절하게 제공하고자 하는 것으로 농촌도로의 이미지를 좌우하기도 하기 때문에 지역성을 높여 세련된 디자인

인으로 공통된 상징성을 확보할 필요가 있다. 지역의 상징성은 지역의 심볼이 될 수 있는 것으로 대표적인 산악, 하천, 사적지나 특산품 등이 될 수도 있다. 또한 도로의 노선명이나 애칭의 문자를 이용함으로써 지역의 이미지를 세련되게 할 수 있다.

### 가. 도로표지 및 교통안전표지의 종류

도로표지와 안전표지는 건설교통부령과 행정자치부령에 각각 규정되어 있으며, 그 내용은 다음과 같다.

#### 1) 도로표지

도로표지는 도로표지의 보전과 원활한 교통소통을 기하기 위하여 필요한 장소에 설치하는 것으로 건설교통부령에 따라 다음과 같은 표지가 있다. (도로법 제52조 : 도로표지규칙)

##### 가) 일반도로

- ① 경계표지 : 시·군·읍·면 단위의 지역경계를 나타내는 표지
- ② 이정표지 : 목적지까지의 거리를 나타내는 표지
- ③ 확인표지 : 교차로 통과 후 진행방향을 확인시켜주는 표지 또는 지방부 도로 등이 길 때 중간지점에서 진행방향을 재확인시켜주는 표지
- ④ 방향안내표지 : 방향 또는 방면을 나타내는 방향예고표지와 방향표지가 있다.
- ⑤ 시설물 안내표지 : 휴게소, 비상주차대, 비상전화, 터널, 교량 등을 나타내는 표지
- ⑥ 양보차선표지 : 일반도로 등에서 추월하고자 하는 차량에게 저속차량이 양보하게 하는 표지

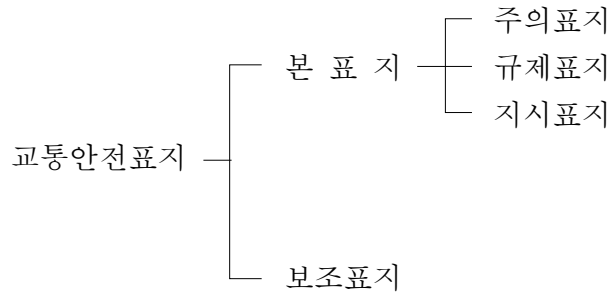
##### 나) 시가지 도로

- ① 방향안내 표지
- ② 지점안내 표지 : 교차지점의 필요장소에서 교차로명이나 인근 주요지점을 알려주는 표지
- ③ 이정표지
- ④ 확인표지
- ⑤ 보행인 안내표지 : 보행자를 위해 시설명칭, 가로명칭, 행정단위 등을 표기하여 안내하는 표지

#### 2) 안전표지

안전표지는 도로에서의 위험을 방지하고 교통의 안전과 원활한 소통을 확보하기 위하여 설치하는 것으로 행정자치부령에 따라 다음과 같이 분류된다. <『도로교통법 제2조』(도로교통법 시행규칙)>

교통안전표지는 다음과 같이 분류된다.



#### 가) 주의표지

도로상태가 위험하거나 도로 또는 그 부근에 위험물체가 존재할 때 이를 운전자에게 알려 필요한 안전조치와 예비동작을 할 수 있도록 하는 표지로서 도로상태 예고, 노면 및 도로변상황예고, 기상예고, 기타 주의예고 등이 있다.

#### 나) 규제표지

도로교통의 안전을 위하여 각종 제한, 금지 등의 규제내용을 알리는 표지로서 통행금지, 제한사항, 금지사항 등이 있다.

#### 다) 지시표지

도로의 통행방법, 통행구분 등 도로교통의 안전을 위하여 필요한 지시를 도로사용자에게 알려 이를 따르도록 하는 표지로서 도로지정, 통행방법지시, 기타지시 등이 있다.

#### 라) 보조표지

주의표지, 규제표지 또는 지시표지에 병설하여 본 표지의 의미를 보완하여 알리는 표지로서 거리, 구역, 일자, 시간, 표지설명, 구간방향, 기타 등이 있다.

### 나. 도로표지 및 안전표지의 설치

도로표지 및 안전표지는 표지의 종류, 규격, 교통의 특성 등을 감안하여 교통여건 및 도로형태에 따라 합법적이고 합리적인 설치를 통하여 표지 본래의 기능을 발휘하도록 한다.

도로표지 및 안전표지는 적법하게 설치되어야 하고, 노선, 도로망, 교통량 및 교통의 질을 고려하여 일정한 설치기준과 우선순위를 정하여 체계적으로 설치하도록 한다. 각 표지에 따라 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

### 1) 주의표지

도로상태가 위험하거나 주변에 위험성이 있는 경우에 도로이용자들에게 필요한 안전조치를 취할 수 있도록 환기시키는 기능을 담당하므로 과도한 설치로 인하여 주의효과를 떨어뜨리지 않도록 효과적인 설치계획을 세운다.

### 2) 규제표지

도로교통의 안전을 위하여 각종 제한, 금지 등의 규제를 하는 경우에 설치하는 표지로 도로이용자에게 제약을 주므로 반드시 필요한 장소에 설치하여 금지나 제한이 최소한에 그치도록 한다.

### 3) 지시표지

도로이용자에게 통행방법을 지시하거나 도로지정 등의 필요한 지시를 하는 경우에 설치하는 표지로서 적절한 위치에 표지를 설치하여 도로이용자가 명확하게 표지를 인식하고 지시에 따를 수 있도록 한다.

### 4) 보조표지

본 표지의 설치만으로 도로안전에 관한 정보전달이 미흡하다고 판단되는 경우 설치하는 것으로서 주의, 규제, 지시표지 등에 병설한다.

### 5) 도로표지

표지의 설치기준에 따라 운전자의 눈에 잘 띄는 곳에 설치한다.

표지의 설치 방법에는 정주식(正柱式), 측주식(側柱式), 문형식(門型式) 및 부착식(附着式)이 있다. 안전표지는 정주식으로 부착함을 원칙으로 하나 설치장소부근에 조명주, 횡단보도, 육교 등이 있을 때에는 위의 원칙과 관계없이 부착식의 타당성을 검토한 후에 가능한 한 이것을 이용하되 신호기주에는 신호가 표시하는 내용을 강조하기 위해 표지의 병설부착을 원칙적으로 금지한다. 또한 교통의 원활한 소통을 위하여 다차선의 도로에서 차선별로 교통정보의 전달이 필요할 때(예: 가변차선 등)에는 문형식으로 하여 표지판을 부착하는 것이 좋다.

표지판의 설치높이와 설치위치의 선정에도 차선 및 보도의 건축한계를 침해하지 않고 시인성을 높여야 하는 등에 특히 유의해야한다.

도로표지의 규격, 글자의 규격, 도로표지 제작 및 색채, 조명장치, 도로표지 설치체계, 도로표지 설계 및 유지관리 등에 관한 사항이 중요하며 그 상세한 것은 건설교통부 제정 『도로표지 제작설치 및 관리지침(2006. 3)』을 참고하도록 한다.

교통안전표지의 설치 및 운용, 설치시공에 관해서는 교통안전표지 설치를 실제적으로 담당하고 있는 경찰청에서 1983년 제정하고 도로교통안전공단에서 편찬하는 『교통안전시설실무편람』을 참고하도록 한다.

### 4.9.3 노면표지

농도에는 교통의 안전과 원활을 도모하기 위하여 필요한 장소에 노면표지를 설치해야 한다. 노면표지를 설치할 때의 설치장소, 양식(樣式), 치수 등은 관계법령이 정하는 바에 의한다.

노면표지는 도로의 포장단면, 연석면 또는 구조물의 수직면상에 페인트류를 사용하여 일정한 표지를 하여 운전자 및 보행자에게 안내, 경계, 규제 또는 지시를 함으로써 교통의 안전을 꾀하는 것이다.

노면표지는 포장노면에 설치되는 노면표지와 도로에 근접한 (상공을 포함) 구조물 등의 전면에 설치되는 수직면표지로 분류된다.

노면표지 및 도로표지는 운전자가 노면위에서 시선을 돌리지 않고 시인할 수 있는 이점이 있다. 노면표지로서는 차도중앙선, 차선경계선, 차도외측선, 보행자횡단지도선, 차도폭의 변화, 노상장애물의 접근, 노상주차장 등이 있다. (그림 4.68 참조)

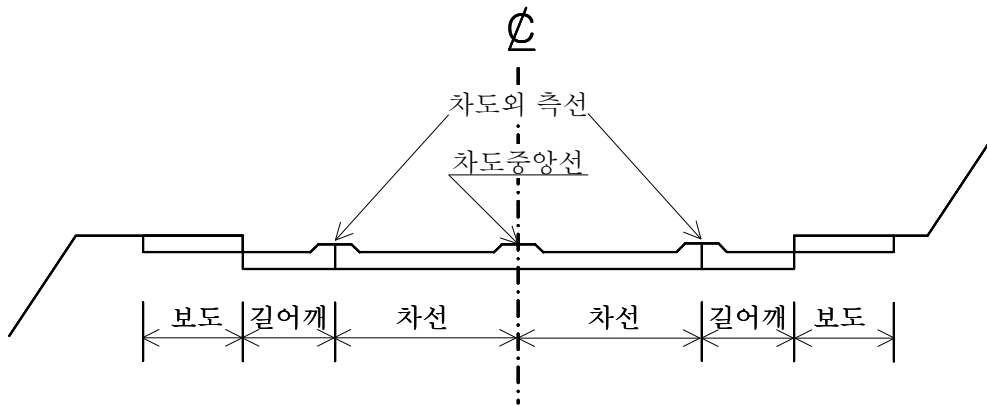


그림 4.68 노면표식의 설치예

### 4.9.4 교통신호기

교통신호기는 평면교차점 및 횡단보도에서 교차점이 많고 교통신호기를 설치하지 않고는 교통의 혼란, 정체, 교통사고의 발생을 방지하기가 곤란할 경우에 설치한다.

교통신호기는 평면교차점 및 횡단보도에서 방향별로 통행의 우선권을 시간적으로 할당함으로써 교통의 혼란, 교통사고 등을 방지하여 안전하고도 원활한 통행을 도모할 목적으로 설치하는 것이다.

교통신호기의 설치 및 운용은 경찰서 소관으로 이의 설치는 농도의 선형, 폭, 교통상황, 교통제어방식, 신호기의 종류, 다른 신호기와의 관련 등을 고려하여 사전에



충분히 협의하여 쌍방의 교통관리에 차질이 없도록 해야 한다.

## 제 5 장 시공

### 5.1 시공계획

시공계획은 기상조건, 시공현장의 상황, 기타 조건을 검토하여 안전하고 합리적으로 수립하여야 한다.

시공계획은 기상조건이 양호하고 또 영농작업에 지장이 없는 시기에 시공할 수 있도록 계획하는 것이 바람직하나 경우에 따라서는 야간시공 및 우회도로의 설치가 필요할 때도 있어 충분한 검토가 필요하다.

시공계획을 대별하면 공정계획, 자재계획, 기계계획 및 노무계획으로 구분한다.

#### 5.1.1 공정계획

공정계획은 공사전체를 파악할 수 있는 시공계획 중에서도 중심이 되는 것으로 그 계획에는 무리가 없고 가장 경제적인 것이라야 한다. 공정표의 항목은 일반적으로 가설준비공, 절토공, 성토공, 노상공, 보조기층공, 표층공, 부대공 및 마무리 등이 있다.

또, 공정관리도표는 각 공정의 진도관리는 물론 각 공정간의 관련이나 노무, 재료, 기계 등의 할당을 파악하는 것이 가능한 네트워크(Network)가 바람직하다.

#### 5.1.2 자재계획

소요의 자재가 경제적이고 확실하게 취득할 수 있도록 충분한 조사를 한 후 자재계획을 수립해야 한다. 작업 중 자재의 부족으로 인한 중단을 피하기 위하여 자재의 보유량은 공정계획 등을 충분히 검토하여 여유있는 계획으로 하여야만 된다. 자재의 저장관리의 양면에 주의해야 한다.

또, 재료의 사용에 있어서는 사전에 품질확인을 해야 한다.

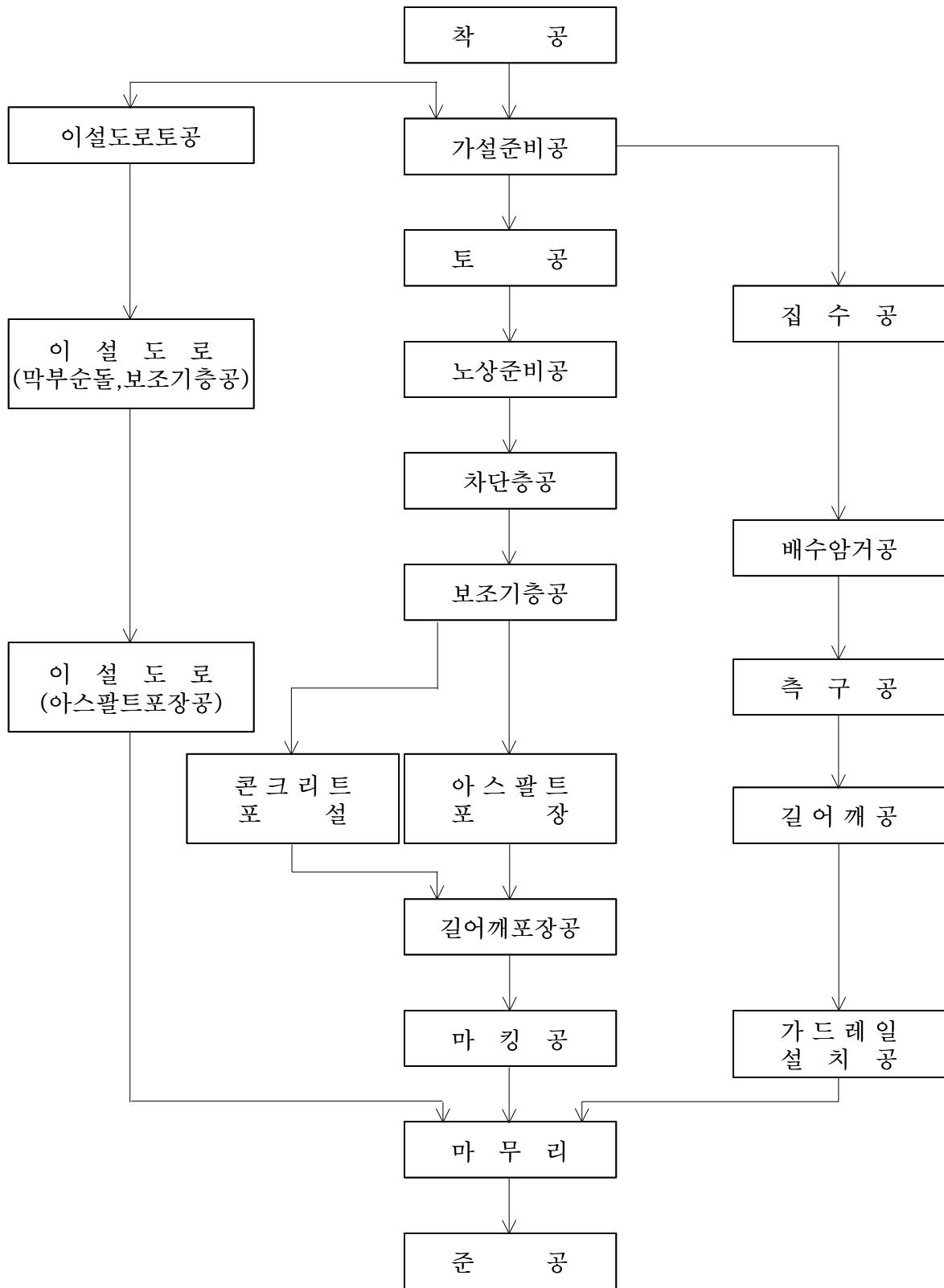


그림 5.1 도로공사 시공순서의 일예

### 5.1.3. 기계계획

#### 가. 토공의 기계계획

토공작업은 벌개제근, 굴착, 신기, 운반, 펴고르기, 함수량조절, 다짐, 정지, 구굴착 등의 작업이 있다. 이들 작업에 흔히 사용되고 있는 건설기계를 분류하면 표 5.1과 같다.

또, 도로토공은 그 대부분을 건설기계를 사용하여 시공하고 있으나 공사장소에 따라서는 공사구역의 환경대책으로 사용기종의 선정에 충분한 배려가 필요하다. 건설기계는 항상 진보개발되어 성능의 향상 또는 신기종의 개발이 진행되고 있으므로 새로운 기계는 시공의 신속성, 경제성 등을 충분히 검토하여 선정하여야 한다.

표 5.1 작업종류와 건설기계

작업종류	건설기계의 종류
벌개제근	불도우저(Bulldozer), 레이크 도우저(Rake dozer)
굴착	쇼벨(Shovel)계, 굴착기(Power shovel, Backhoe, Dragline, Clamshell), 트랙터 쇼벨(Tractor shovel), 불도우저, 리퍼(Ripper), 브레이커(Braker)
신기	쇼벨계, 굴착기(Power shovel, Backhoe, Dragline, Clamshell), 트랙터 쇼벨, 버킷(Bucket)식 굴착기
굴착, 신기	쇼벨계, 굴착기(Power shovel, Backhoe, Dragline, Clamshell), 트랙터 쇼벨, 버킷(Bucket)식 굴착기
굴착, 운반	불도우저, 스크레이퍼도우저(Scrape dozer), 스크레이퍼(Scraper)
운반	불도우저, 덤프 트럭, 벨트 컨베이어
펴고르기	불도우저, 모우터 그레이더
함수량조절	Plow, 해로우(Harrow), 모우터 그레이더, 구수차
다짐	타이어 롤러(Tire roller), 탬핑 롤러(Tamping roller), 진동 롤러, 로드 롤러, 진동콤팩터(Compactor), 래머(Rammer), 탬퍼(Tamper), 불도우저
정지	불도우저, 모우터 그레이더
구굴착	트렌치(Trencher), 백호(Back hoe)

#### 나. 포장공사의 기계계획

포장공사에 필요한 전용기계는 혼합용, 운반용, 펴고르기용, 살포용, 다짐용, 청소용 등이 있다. 일반적으로 사용되고 있는 기계는 표 5.2와 같다.

표 5.2 공정별, 작업별 사용기계일람(예)

공정	작업내용					비고	
	혼합용	운반용	펴고르기용	다짐용	기타		
노상			불도우저 (Bulldozer) 모우터 그레이더 (Motor grader) 스크레이퍼 (Scraper)	로드 롤러 (Road Roller) 타이어 롤러 (Tire Roller) 진동 콤팩터 (Compactor) 진동 롤러			
보조기층			불도우저 모우터 그레이더 스크레이퍼	상동	살수차		
기층	머캐덤 공법		모우터 그레이더 골재파설기 (Aggregate spreader)	상동	살수차		
	입도조정공법 (노상혼합)		혼합과 동시시공 로드 스테빌라이저 (Road stabilizer) 모우터 그레이더	상동	살수차		
	입도조정공법 (Plant 혼합)	연속믹서부착 플랜트 배치믹서 (Batch Mixer)부착플 랜트	덤프트럭	골재부설기 모우터 그레이더	상동		
	역청 안정처리공법 (플랜트혼합)	상동	상동	아스팔트피니셔 (Asphalt finisher) 아스팔트부설기 (Asphalt spreader)	로드롤러 타이어롤러 진동롤러	살수차 스위퍼	가열혼합 및 상온혼합
	역청안정처리 공법 (노상혼합)	디스트리뷰터 (Distributor) 로드스테빌라 이저(Road stabilizer)		모우터그레이더 아스팔트피니셔	상동	상동	상동
	시멘트 안정처리공법 (플랜트혼합)	믹서(Mixer) 부착플랜트 배치믹서부착 플랜트	덤프트럭	골재부설기 모우터그레이더	상동	상동	석탄안정처 리공법도 같음
	시멘트 안정처리공법 (노상혼합)	모우터그레이 더 스테빌라이저 시멘트살포기		혼합과 동시시공	상동	상동	상동
	침수식공법			골재부설기 모우터그레이더	상동	디스트리 뷰터(아스 팔트 살포)	가열, 상온식

공정		작업내용				비고	
		혼합용	운반용	피고르기용	다짐용		기타
표층	가열혼합식 공법	연속믹서부착 플랜트 배치믹서부착 플랜트	덤프트럭	아스팔트 부설기 아스팔트 피니셔	상동	살수차 스위퍼	상온혼합식도 같음
	침투식공법			골재부설기	로드롤러 타이어롤러	디스트리뷰터 (Asphalt 살포) 살수차 스위퍼	
	콘크리트 슬래브	콘크리트플랜트	덤프트럭 트럭믹서 (Truck Mixer)	콘크리트 부설기 콘크리트 피니셔 진동기	피고르기와 동시 시행	스위퍼 콘크리트 커터 (줄눈재절단) 살수차	

#### 5.1.4 노무계획

노무계획에서 가장 중요한 것은 공사기간중의 사용노무자수를 가급적 평균화를 기하며 공사시중에 노무자수를 급격하게 증감한다는 것은 곤란하므로 작업배분을 적절히 하여 일정수로 시공을 추진하도록 계획하여야 한다.

## 5.2 시공

농도의 시공에서 구조물은 포장과 일체가 되어 차량을 안전하고 원활하게 주행시키기 위하여 부등침하와 붕괴 등이 일어나지 않도록 하며 소정의 품질을 확보하여야 하고 포장표면은 평탄하도록 시공하여야 한다.

### 5.2.1 준비공

준비공은 본 공사를 하기 위한 사전공사이나 이의 양부에 따라 본 공사의 진척, 자금면 및 실행고의 질에 미치는 영향이 크므로 공사착수전에 충분히 검토하여 최선의 방법을 선택하여야 한다.

준비공으로는 공사준비측량, 장애물 등을 제거하는 것 이외에 배수준비, 공사용도로, 기준틀, 안전시설, 가설물 등이 있으며 각각의 주의사항은 다음과 같다.

#### 가. 공사준비측량

공사착수전에 노선의 측정말뚝 및 용지경계말뚝을 확인하고 말뚝이 없어졌을 때는 새로이 설치함과 동시에 확인을 위한 재측량을 하여야 한다. 또, 공사중 말뚝이 없어질 염려가 있을 때는 예비말뚝을 설치하는 것도 필요하다.

#### 나. 장애물 등의 제거

공사구역내의 초목은 벌채처리함과 동시에 벌채밀둥, 죽근, 기타 장애에 악영향을 미칠 염려가 있는 것은 제거한다.

#### 다. 준비배수

공사구역내에 침수의 염려가 있는 장소가 있으면 사전에 토공측구, 암거, 배수펌프의 설치 등 배수시설을 시공한다.

#### 라. 공사용도로

기설도로를 이용 또는 우회도로를 설치할 때는 그 도로관리자와 사전에 협의하여 일반교통에 지장이 없도록 안전관리와 유지관리를 하여야 한다. 또, 신설도로를 이용할 때는 노선선정을 충분히 검토함과 동시에 안전관리 및 유지관리에 만전을 기하고 원형복구의 필요가 있는 가설도로는 시공법도 달라질 수 있으므로 주의를 요한다.

#### 마. 기준틀

기준틀은 토공의 기준이 되므로 정확하고 견고하게 설치함과 동시에 공사중의 보존에도 유의할 필요가 있다.

기준틀의 설치간격은 표 5.3을 표준으로 한다.

표 5.3 기준틀의 표준설치간격

설치위치	설치간격
직선부	20m
곡선부 반지름 300m 이상	20m
곡선부 반지름 300m 이하	10m
지형이 복잡한 장소	10m 이하

**바. 안전시설**

공사에 필요한 표식의 설치, 출입금지울타리, 조명, 방호울타리 등 위험방지시설을 설치해야 한다.

**사. 가설물**

공사의 규모, 필요성에 따라서 사무소, 숙소, 창고, 시험실, 차고, 수리공장, 화약고 등을 설치한다. 한편 화약고, 유류고, 변전소 등은 관계제법규에 합치되도록 설치할 필요가 있다.

**5.2.2 토공**

**가. 토량의 계산과 배분**

1) 토량의 변화율

흙을 굴착 운반하여 흙쌓기를 구축할 경우 흙이 원지반상태로 있을때, 굴착하여 흐트러진 상태일 때, 다짐상태일 때 등 각각의 상태에 따라 체적을 달리한다.

일반적인 다짐의 토랑화산계수는 표 5.4를 표준으로 한다.

표 5.4 토랑화산계수

토질		흙의 변화율		
		자연상태	굴착하여 흐트러진 상태	다짐상태
모래		1.00	(1.10 ~ 1.20)	(0.85 ~ 0.95)
사질토		1.00	(1.20 ~ 1.30)	(0.85 ~ 0.90)
점질토		1.00	(1.25 ~ 1.35)	(0.85 ~ 0.95)
자갈		1.00	(1.10 ~ 1.20)	(1.10 ~ 1.05)
암	암석의 작은 덩어리(연암)	1.00	(1.30 ~ 1.50)	(1.00 ~ 1.30)
	암석의 큰 덩어리(보통경암)	1.00	(1.55 ~ 1.70)	(1.20 ~ 1.40)

주) 1. 흙의 변화율은 자연상태의 토랑(지반토랑)에 대한 체적비이다.



2. 시공중의 손실량은 포함되지 않는다.

## 2) 토량의 배분

절토 또는 구조물 기초의 굴착 등에 의하여 얻어지는 흙은 보통 성토로 유용하다. 그러나 토질이 성토재료로서 적합하지 않을 경우나 또는 유용운반가 멀어 비경제적일 경우는 이를 다른 곳에 활용하거나 사토하며, 부족한 성토재료는 다른 취토장에서 가져온다. 이와 같이 절토를 성토에 유용하고, 어느 절토를 사토하며 어느 성토를 취토장에서 보급하는가를 결정하는 것을 토량의 배분이라 한다. 토량의 배분계획이 정해지면 운반거리별 토량이 정해 명확하게 된다. 토량배분은 운반거리가 될 수 있는 한 짧게 되도록 계획하는 것이 원칙이면 교각이나 암거 등 구조물의 공정과도 병행하여 고려할 필요가 있다.

토량배분방법으로서는 토적도에 의한 방법과 토량계산서에 의한 방법이 있다. 토적도에 의한 방법은 일반적으로 많이 사용되는 방법이며 비교적 토공량이 많을 경우에 운반거리나 흙의 평균계수를 정확히 파악하게 되고 토량계산서에 의한 방법은 단순한 토량배분의 경우나 토공량이 적을 경우에 사용한다.

토량배분계획시 반드시 현장을 잘 관찰하여 무엇보다도 시공이 원활히 될 수 있도록 배려하여야 한다.

## 나. 토공

성토에 사용되는 재료는 설계조건에 합치되는 것을 사용함과 동시에 설계도에 정하여진 기울기로 될 수 있는 대로 요철이 없도록 마무리한다. 또, 기울기가 급한 지반에서 성토를 할 때는 층따기 등에 의한 성토로 현지반과 밀착을 피하여 활동을 방지하여야 한다.

성토 노체는 반복재하되는 교통하중을 확실히 지지하고, 교통하중이나 성토하중에 의하여 발생한 변형이나 침하가 완성후의 차량교통에 지장을 주지 않도록 하는 것이 필요하다. 이 노체의 품질확보를 위한 다짐은 다지는 흙의 종류, 시공시기, 공사의 중요도, 기타 현장의 조건 등에 따라 다르므로 주의해야한다.

### 1) 편절토, 편성토나 절성토의 접속부

편절토, 편성토나 절성토의 접속부에는 완성후 층이 생기며 포장에 균열이 생기기 쉽다. 이 대책으로서는 그림 5.2와 같이 층따기나 절토 접속부설치 및 배수공을 하는 것 외에 원지반과 성토의 경계 노상부분에는 급격한 변화를 피하기 위하여 동질의 성토재료로 되메운 후 다짐을 한다.

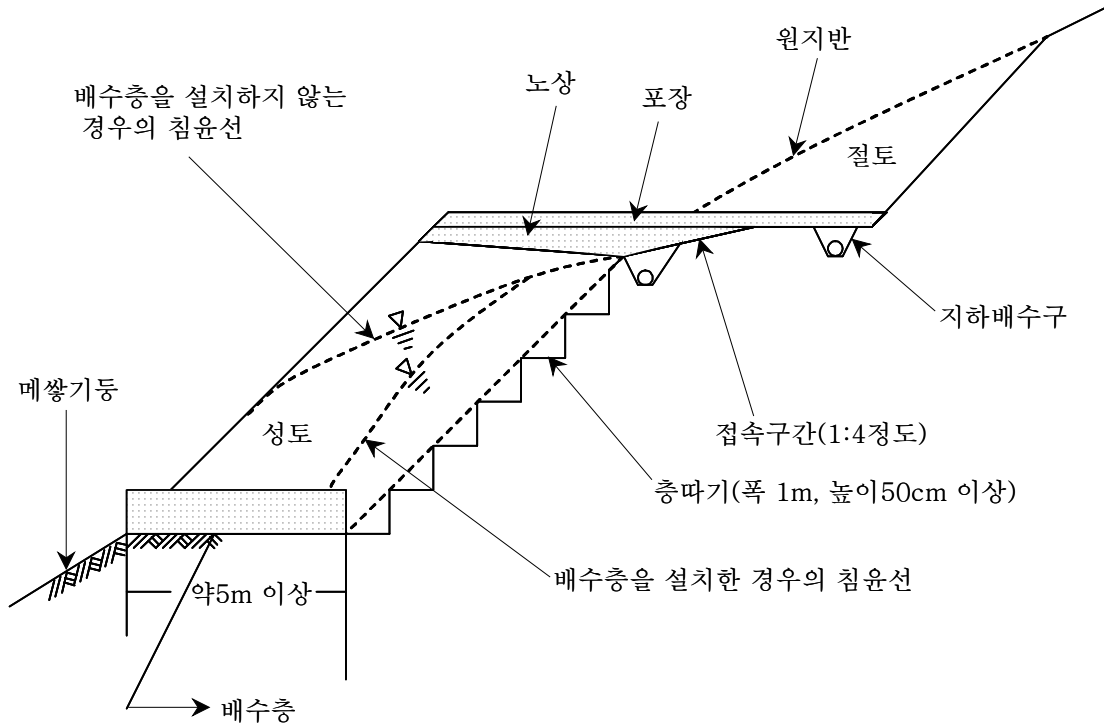


그림 5.2 성토 기초지반의 층따기 절토 및 성토의 접속부(토사지반의 예)

## 2) 성토와 구조물과의 접속부 시공

교각, 암거(Box culvert) 등의 구조물과 성토와의 접속부에서는 배수 및 다짐이 불충분하기 쉬우므로 일반적으로 교통용후 접속부 침하에 의하여 단차가 생기므로 차량의 원활한 교통에 지장을 줄 뿐 아니라 구조물에도 영향을 미치게 된다.

그러므로 성토와 구조물 접속부의 단차를 없애기 위해서는

- ① 뒤채움재료는 양질재를 사용하여 철저하게 시공을 할 것.
- ② 필요에 따라서는 구조물과 흙쌓기와의 접속부에 답판(Tread board)을 설치할 것.
- ③ 연약지반상의 접속부에서는 특히 침하가 크게 일어나게 되므로 「4.2.3 연약지반 대책공법」을 참고하여 필요한 처리를 할 것.

## 3) 구조물기초, 관로, 수로 등의 굴착

이들 굴착은 원지반면이하에서 행하여지므로 작업 중 붕괴를 일으키기 쉬워 현장 상황에 따른 공법을 선정하여 안전확보에 주의하는 것이 중요하므로 지하수, 지하매설물, 근접구조물의 기초 등에 대해서 사전조사와 대책을 충분히 하여 용출수, 붕괴, 침하, 파손 등의 사고가 발생치 않도록 한다.

## 다. 취토장 및 사토장의 선정

취토장 및 사토장의 선정에 있어서는 지형, 토질, 운반경로, 보상비, 지방민의 의

견 등에 대하여 조사 검토하여 가장 안전하고 경제적인 장소를 결정한다.

이때 취토 및 사토로 원지형이 변화하므로 배수, 정지, 비탈면보호 등 방재면에 특히 주의해야 한다.

### 라. 건설기계의 작업능력 산정

건설기계의 작업능력 산정에 있어서는 목적하는 작업에 따라서 1종류로 작업하는 단독작업과 2종류이상의 기계가 상호 관련하며 작업하는 조합작업으로 대별할 수 있다.

후자의 경우 작업능력산정은 경제적인 면에서 주기계의 작업능력을 취하는 것이 일반적이다.

## 5.2.3 배수

시공중의 배수처리는 물론이고 포장완성후에도 배수불량이 생겨 보장에 악영향을 주지 않도록 우수 및 용출수를 처리하여야 한다.

배수처리를 위해서는 보호시트나 토공측구와 같은 가배수시설을 설치 또는 모래, 조약돌 등을 이용한 맹암거를 설치하거나 유공관을 부설하는 등 항상 양호한 시공조건을 유지해야 한다.

### 가. 표면배수

포장시공중의 우수 및 용출수는 시공조건을 열악하게 함과 동시에 파괴원인이 되므로 신속하게 공사구역외에 배제하여야 한다. 그러므로 미리 보호시트나 임시측구와 같은 가배수시설을 설치함으로써 항상 양호한 시공조건을 유지해야 한다.

### 나. 지하배수

노상 및 보조기층의 배수가 나쁘면 노상토나 보조기층재의 강도가 저하하여 지지력이 감소하므로 용출수 등에 의한 배수불량이 될 우려가 있는 구간은 그 원인을 조사하여 모래, 조약돌 등으로 맹암거를 설치하거나 유공관을 부설하는 등 처리를 하여야 한다.

## 5.2.4 노상

(1) 노상은 현지에서 입수할 수 있는 재료중 가급적 양질의 것을 이용하고 부득이 때는 구입재료를 사용 또는 인공적인 개량을 하여 포장설계시에 가정한 설계 CBR치(K치)이상이 되도록 재료를 선정시공하여야 한다.

(2) 노상과 보조기층의 파괴는 물의 침투가 주된 원인 이므로 공사중에 배수가 잘 되도록 유의하여야 한다.

(3) 재래지반이 노상에 적합할 때는 소정의 종횡단형태으로 마무리 하되 노상을 교란시키지 않도록 주의한다.

(4) 새로 노상을 만들 때는 노상이 균일하게 소정의 지지력을 갖도록 적절한 함수비로 다져야 한다. 다짐을 할 때는 노상토의 토질, 함수비 및 다지는 기계에 따라 고르는 두께와 다짐회수를 합리적으로 결정한다. 이것은 시험시공으로 결정하는 것이 바람직하나 일반적으로는 일층의 마무리 두께를 20cm이하로 하고 펴서 고르는 두께는 25~30cm정도로 하며 각층을 5~10회 다져 소정의 다짐도를 갖도록 한다. 다짐에 있어서는 다음 사항에 주의해야 한다.

- ① 흙의 함수비변동에 주의하고 적절한 함수비를 유지하도록 할 것.
  - ② 운반, 고르기를 불도우저, 스크레이퍼 등으로 시공할 때는 바퀴의 다짐력을 이용하기도 한다.
  - ③ 다짐기계의 다짐효과에는 한계가 있으므로 경제적으로 시공할 것.  
일반적으로 다짐회수와 밀도와의 관계는 어느 정도의 다짐회수까지는 밀도가 증가하나 그 후에는 다짐회수를 증가하여도 그렇게 밀도가 증가하지 않는다.
- (5) 다짐기준은 다짐도로 규정하는 것이 원칙이나 토질변화가 심한 경우나 함수비가 높은 점토 및 점성토와 같이 다짐도로 규정하기 곤란한 때는 포화도 또는 공기간극률로 규정한다.

(가) 다짐도로 규정할 때

다짐도는 현장에서 다진 흙의 건조밀도와 시험규정에 의한 최대건조밀도와의 비를 말한다. 다짐도는 흙의 종류, 시공시기, 공사의 중요도 등 기타의 현장조건에 따라 다르므로 일률적으로 결정하기는 곤란하나 일반적으로 90%이상으로 한다.

(나) 포화도 및 공기간극률로 규정할 때

점성토에서 포화도의 경우 85~95%의 범위로 공기간극률의 경우는 2~10%의 범위가 되도록 한다. 점질토에서는 공기간극률의 경우 15%이하이나 조립분이 많은 것은 20%이하로 하여도 좋다.

포화도 및 공기간극률은 현장에서 흙의 단위중량 측정결과에서 다음 식으로 구할 수 있다.

$$\text{포화도 } S_r = \frac{Gr d}{Gr w} \frac{w}{r d} (\%)$$

$$\text{공기간극률 } V_d = \left( 1 - \frac{r d}{r w} \left( \frac{w}{100} + 1 \right) \right) \times 100 (\%)$$

여기서, G:토립자의 비중,  $d$ :물의 밀도( $g/cm^3$ )

$w$ :흙의 건조밀도( $g/cm^3$ ),  $w$ :함수비(%)

(6) 노상의 부분적인 다짐부족과 불량장소를 확인하는 데는 프루프롤링을 하는 것이 좋다.

(7) 차단층을 설치할 필요가 있을 때는 두께가 균등하게 되도록 재료를 고르고 가벼운 롤러, 불도우저, 소형소일콤팩타 등으로 가볍게 다진다. 이때 고르기한 차단층을 거칠게 하거나 연약한 노상토와 혼합되지 않도록 다짐회수를 적게 하고 다져야 한다.

## 5.2.5 포장

### 가. 보조기층 및 기층

#### 1) 일반사항

보조기층 및 기층은 교통하중을 분산시켜서 노상에 안전하도록 전달하는 중요한 역할을 하는 부분이다. 따라서 충분한 지지력을 가진 또한 내구성이 있는 재료로 필요한 두께만큼 잘 다진 것이어야 한다.

노상시공후 노상면이 거칠어지지 않는 적당한 때에 (통상 1주일 이내) 지공에 착수하는 것이 바람직하며 노상마무리 후 장기간 차량통행을 허용한때는 노상면이 거칠어지거나 노상에 부적당한 재료가 혼입되는 일이 있으므로 시공에 앞서 이들을 제거하고 전면에 걸쳐 모터 그레이더(Motor grader)로 고르고 타이어 롤러(Tire roller)로 다져야 한다.

보조기층 및 기층의 시공시 일반적인 주의사항은 다음과 같다.

- ① 고르기를 한 재료는 반드시 그날 중에 다짐을 완료하여야 한다. 다지기 전에 강우에 의해서 세립분이 유출되어 입도가 변하고 건조시키는데 많은 노력이 든다.
- ② 콘크리트포장의 콘크리트슬래브에 발생하는 응력은 일반적으로 선단에서 최대가 되기 때문에 이 부분의 지지력이 부족하면 콘크리트슬래브가 파손원인이 된다. 따라서 거푸집을 대는 부분의 시공에 특히 유의하여야 한다.
- ③ 급기울기의 구간이나 구조물에 접한 부분 등에는 일반적으로 다짐이 불충분하므로 특히 주의하여 시공하여야 한다.
- ④ 마무리면의 거친 부분은 필요한 면적과 깊이로 긁어 일으켜 보조기층 및 기층재를 보충하여 충분이 다져야 한다. 그리고 시멘트안정처리기층, 역청안정처리기층, 아스팔트중간층 등을 시공할 때는 시공후에 거친면의 수정이 곤란하므로 다시 수정하는 일이 없도록 특히 주의하여야 한다.
- ⑤ 강우로서 물이 고이거나 과도한 함수상태가 되지 않도록 배수에 주의하여야 한다. 특히 길어깨에 물이 집중되지 않도록 하여야 한다.
- ⑥ 보조기층 및 기층의 시공시 지지력 부족이나 기타 이상부분의 간기발견에 노력하고 불량부분에 대해서는 국부적인 치환 등 적절한 배치를 하여야 한다.

보조기층 및 기층의 지지력을 판단하는데는 평판재하시험 또는 처짐량시험에 의한다. 또한 타이어 롤러로 프루프롤링을 3회이상 실시하여 다짐의 적당여부와 불량한 부분이 없는가를 조사하여야 한다.

## 2) 보조기층

시방서의 규정에 적합한 재료를 사용하여 KS F2312(흙의 다짐 시험방법) D법으로 구한 최대건조밀도 95%이상으로 다져야 하며 일층의 마무리 두께는 다짐후의 일층 두께가 20cm이하로 한다. 시공시 주의할 사항은 다음과 같다.

- ① 재료는 강우에 의하여 과도한 함수상태가 되지 않도록 하고 유해물의 유입이 없도록 하며 재료의 분리가 일어나지 않도록 저장한다.
- ② 재료는 적재, 운반, 고르기 등의 취급시 분리가 일어나지 않도록 주의한다.
- ③ 다짐은 일반적으로 10ton이상의 머캐덤 롤러 또는 8~15ton이상의 타이어 롤러 또는 동등의 효과가 있는 진동롤러를 사용하여 소정의 밀도가 나올 때까지 충분히 다진다.
- ④ 부설 및 다짐작업도중에 재료가 너무 건조되어 있으면 살수하여 최적함수비 부근에서 다지는 것이 효과적이다.
- ⑤ 마무리 작업전에 강우 등으로 현저하게 수분이 많아 다짐이 곤란할 경우에는 맑은 날을 기다려 햇빛으로 건조시키거나 소량의 시멘트 또는 소석회 등을 살포하여 혼합처리를 하기도 한다.

## 3) 기층

### 가) 입도조정공법

#### (1) 혼합 및 부설

##### (가) 노상혼합방식

보조기층상에 먼저 혼합하여야 할 재료를 소정의 배합에 따라 입경이 큰 것부터 순차로 포설한다. 그렇지 않으면 스테빌라이저(Stabilizer)에 의한 혼합을 되풀이 하여도 균일한 혼합을 기대할 수 없다. 스테빌라이저를 순차적으로 앞으로 이동시킬 때는 이미 혼합한 앞부분과의 사이를 띄우지 않도록 한다. 재료가 건조하여 살수를 요할 때는 마른비빔 후에 하고 함수량이 최적함수비보다 큰 경우에는 재료를 발같이 해서 건조시키는 것이 좋다.

##### (나) 중앙 플랜트 혼합방식

플랜트 혼합은 연속믹서 또는 배치믹서로 한다. 연속믹서에서는 재료를 피이더(Feeder)로 조정하여 컨베이어(Conveyer)나 버킷 엘리베이터(Bucket elevator)로 믹서에 보내 혼합한다. 혼합시의 재료의 함수비는 현장다짐시에 최적함수비 부근이 되도록 조정한다. 균일하게 혼합한 재료를 현장에 반입하여 그레이더(Grader), 소형불도저(Bull dozer), 인력 등에 의해 소정의 형상으로 부설한다.

##### (다) 주의점

부설시에는 재료의 분리를 피하고 다짐후 일층의 마무리 두께가 15cm를 넘지 않

도록 균일하게 고른다.

## (2) 다짐

부설한 재료를 롤러로 가볍게 다진 후 그레이더 등으로 정형하면서 소정의 밀도가 얻어질 때까지 충분히 다진다. 이때의 재료함수비는 최적함수비 가까이 되도록 한다. 다짐은 10ton이상의 머캐덤 롤러 또는 8~15ton의 타이어 롤러 또는 동등이상의 효과가 있는 진동롤러를 사용한다. 구조물연결부나 길어깨 부분은 소형의 다짐기계 등으로 정성드려 다지는 것이 중요하다. 그리고 고르기한 재료는 반드시 그날 중에 다짐을 완료하도록 한다. 다지지 않고 방치하여 강우에 노출시키면 세립분의 유출로 재료의 입도가 변하거나 보조기층이나 노상을 해칠 염려가 있다.

## (3) 마무리

노면은 소정형태으로 마무리 하고 거친 곳은 시험하고 필요할 때는 굽어 같은 재료를 가하여 조정한 후 충분히 다져 마무리 한다. 세립재료(더스트, 모래 등)로 거친 부분의 정정을 하여서는 안된다. 기층을 마무리하면 유화아스팔트, 커트백아스팔트, 포장타르 등을 사용하여 프라임 코우트(Prime coat)를 실시한다. 프라임 코우트를 시공한 후 부득이 교통개방을 할때는 왕모래 등을 깔 필요가 있다.

### 나) 시멘트 안정처리공법

시공방식은 기층재료에 시멘트를 첨가하여 처리하는 방법을 시멘트 안정처리기층이라 한다. 시공이음, 마무리 등을 제외하고는 입도조정공법과 기본적으로 같으나 신중한 시공관리가 요구된다.

## (1) 혼합과 운반

### (가) 노상혼합

원지반의 흙을 안정처리에 사용할 때는 모우터 그레이더(Motor grader)등으로 소정의 깊이까지 흙을 긁어 일으켜 로드 스태빌라이저 등으로 충분히 분쇄한다. 흙덩이를 분쇄하지 않으면 시멘트를 첨가하여도 균일하게 혼합되지 않으므로 5mm이상 흙덩이가 전체의 20%이하가 될 때까지 분쇄작업을 계속한다. 분쇄된 흙을 그레이더 등으로 잘 고르고 보충재료를 퍼서 고른다. 시멘트를 그 위에 균일하게 살포한 후 스태빌라이저로 1~2회 마른비빔을 한 후 물을 가하면서 혼합한다.

### (나) 플랜트 혼합

입도조정공법과 같은 방법으로 혼합해야 할 재료의 소요량을 벨트컨베이어나 버킷 피이더(Bucket feeder)로 믹서에 보내 혼합한다. 시멘트 첨가는 가급적 믹서 가까운 곳에서 하고 물의 유입은 시멘트를 첨가한 후에 한다.

## (2) 부설

혼합한 재료는 모터 그레이더 등으로 펴서 고른다. 일층의 마무리 두께가 20cm이하가 되도록 하여 소정의 다짐도까지 균일하게 다져야 한다.

## (3) 다짐

부설한 재료는 입도조정공법과 같이 균일하게 다진다. 시멘트에 물을 가하면 바로 경화다 시작되므로 2시간이내에 마무리를 하도록 한다.

## (4) 시공 이음

가로방향의 시공이음은 마무리 부분을 수직으로 잘라내고 새로운 혼합재료를 타설하여 이어나간다. 세로방향의 시공이음은 미리 마무리두께와 같은 거푸집을 설치하여 다짐이 끝난 다음 떼어내도록 한다. 새로운 혼합재료를 이어나갈 경우에는 시일을 두면 시공이음에 균열이 생기는 경우가 있으므로 주의하여야 한다.

## (5) 마무리

시멘트안정처리층은 마무리직후에 유화아스팔트, 커트아스팔트 등을 0.5 ~ 1.0  $\frac{l}{m^2}$  정도 표면에 살포하여야 한다.

### 다) 머캐덤 공법

#### (1) 주골재의 부설 및 다짐

주골재는 인력, 그레이더 또는 부설재(Spreader)로 균일하게 다소 겹치도록 간 다음 10ton이상의 머캐덤 롤러 등으로 골재가 잘 맞물리도록 충분히 다진다. 다짐은 40 ~ 50회 이상이 필요하다.

#### (2) 채움골재의 부설 및 다짐

채움골재로 잘 다듬질 한 머캐덤은 주골재의 간극을 채우도록 부설하고 비로 쓸어 고르면서 이를 롤러로 반복하여 다진다. 물다짐 머캐덤이나 모래채움 머캐덤의 채움골재의 유입에는 물다짐을 되풀이하여 채움골재의 일부가 슬러리로 되어 간극을 채워서 골재가 움직이지 않을 때까지 다짐을 계속한다.

### 라) 역청안정처리(가열아스팔트 안정처리)공법

시공방법은 다음에 기술하는 것 이외는 시멘트 안정처리공법에 의한다.

#### (1) 가열혼합식

소정의 배합으로 적정한 온도관리하에 혼합물을 제조하여 이것을 균등하게 펴서



고온중에 다짐을 마무리 한다. 시공은 가열혼합식 아스팔트표층에 준한다.

## (2) 상온혼합식

상온혼합식의 경우 골재의 함수비와 혼합물의 다짐에 특히 유의하여야 한다.

### (가) 노상혼합식

#### ① 골재의 부설

입도조정공법과 같은 방법으로 하고 골재의 함수비는 혼합물의 품질에 크게 영향을 미치게 되므로 상온혼합식공법에 준하여 적절한 함수비의 골재를 사용한다.

#### ② 혼합

역청재료는 디스트리뷰터(Distributor)로 균등하게 살포하고 스테빌라이저로 혼합한다. 보통 역청재료는 소요량을 1/2로 나누어 살포혼합을 2회 반복한다.

#### ③ 표면고르기

혼합물을 모터그레이더, 레이크 등을 사용하여 소정의 형으로 펴서 고른다.

#### ④ 다짐

다짐은 2종류이상의 롤러를 사용하여 먼저 타이어 롤러로 충분히 다지고 도로용 롤러로 마무리 한다. 커트백 아스팔트를 사용하는 겨우는 고르기를 한 후 2~3시간 환기하여 다진다. 또한 아스팔트 유제를 사용하는 경우에는 유제의 분해에 의해 혼합물이 굳어지기 전에 신속히 다져야 한다.

#### ⑤ 마무리

아스팔트 유제 또는 커트 백 아스팔트 등의 역청재료를  $1^{1/2}$  정도 살포하여 표층포설의 이수성을 증가시킨다. 시공한 후 일시에 교통개방을 할때는 모래 또는 부순 돌 2.5~5mm를  $0.5^{m^3/m^2}$  정도 살포하여 차륜과의 부착을 방지한다.

### (나) 플랜트 혼합식

혼합 및 운반은 상온혼합식공법에 준하며 다짐 및 마무리는 노상혼합식에 준한다.

## 나. 아스팔트 표층

### 1) 일반사항

아스팔트의 표층은 양질의 혼합물을 이용하여 소정의 밀도를 확보하도록 충분히 다지고 노면이 평탄하도록 시공하여야 한다.

가열혼합식, 상온혼합식, 침투식공법 등의 공법이 있으나 보통 가열혼합식을 사용한다.

## 2) 가열혼합식

### 가) 혼합

소요의 혼합물을 안정하게 제조하기 위하여 혼합개시전에 플랜트를 시험조정하고 반드시 시험배합을 하여 혼합물의 품질을 확인하면서 혼합작업을 하여야 한다. 또한 혼합작업시 주의할 사항은 다음과 같다.

- ① 각 재료의 계량을 정확히 할 것.
- ② 최적혼합온도일 것.

최적혼합온도는 최적다짐온도를 기준으로 하여 결정하나 일반적으로 세이볼트 휴를 점도  $85 \pm 10$ 도 해당의 온도를 최적혼합온도로 하고 그 표준범위는 다음과 같다.

- 아스팔트 침입도 100미만       $130 \sim 165^{\circ}\text{C}$
- 아스팔트 침입도 100미상       $115 \sim 150^{\circ}\text{C}$
- 골      재                               $120 \sim 170^{\circ}\text{C}$
- 혼      합      물                         $115 \sim 165^{\circ}\text{C}$

- ③ 혼합시간이 적절할 것.

최적혼합시간은 믹서나 혼합물의 종류에 따라 다소 다르나 가장 일반적인 배치 (Batch)식 믹서일 때는 골재 및 필러(Filler)를 믹서에 주입하고 5초이상 마른비빔을 하면서 아스팔트를 주입하고 40~50초 동안 혼합한다.

### 나) 운반

혼합물의 운반은 금속저판으로 된 덤프트럭 등을 사용한다. 운반중 보온 및 이물질의 혼입을 방지하기 위하여 시트 등을 씌워 보호한다.

### 다) 포설

포설에 앞서 기층을 점검하여 이물질, 부석 등을 제거하고 고저를 보정한다. 혼합물을 펴고르기 전에 텍코우트로서 유제, 커트백 아스팔트, 포장타르 등의 역청재료를  $0.3 \sim 1^{1/2}$  살포한다. 현장에 운반된 혼합물을 최적전장온도에서 다짐을 완료하기 위해 냉각되기 전에 신속히 정확한 단면으로 균일하게 펴 고른다. 원칙적으로 아스팔트 피니셔(Asphalt finisher)를 사용하여 펴고른 혼합물은 소정의 밀도를 얻을 수 있도록 다짐을 한다.

다짐은 먼저 비교적 경량급 롤러로 초기전압을 하고 중량급 롤러로 2차전압을 하며 최후로 마무리 다짐을 하여 롤러 흔적이 없는 평탄한 면으로 끝내야 한다.

초기전압에는 10~12ton의 도로용 로러가 좋다. 소규모공사일 때는 초기전압에서 마무리전압까지 동일한 롤러를 사용할 수도 있다.

다짐 온도가 너무 높으면 가는 모상균열이나 변위가 발생하는 수가 많고 너무 낮으면 다짐효과가 불충분하여 마무리면에 곰보가 생기며 내구성이 저하된다. 다짐온도는 혼합물의 종류, 아스팔트의 내구도, 다짐기계 및 시공시의 기온 등에 따라 달라지

나 일반적으로 초기전압에는 110~140℃, 2차전압의 결료온도는 70~90℃이다. 한편 마무리면의 결합상태와 그 원인은 표 5.5와 같다.

라) 이음

가로이음, 세로이음 및 구조물과의 접속부에는 밀도가 낮게 되어 편차, 균열 등이 나타나기 쉬우므로 충분히 다져 밀착시켜야 한다. 어떠한 경우에도 하층이음 위에 상층이음이 겹쳐서는 안된다. 또한 표층의 세로이음은 차선에 일치하도록 한다.

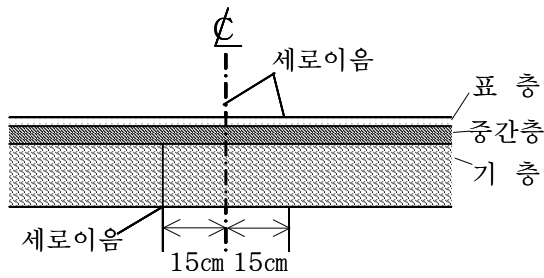


그림 5.3 각층세로이음의 예

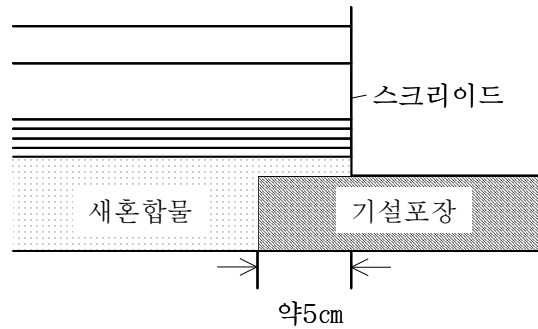


그림 5.4 세로방향이음의 겹침

표 5.5 마무리면 결함의 원인

플랜트(plant)혼합물의 포설중에 발생하는 포장의 결함 종류	블리딩	갈색으로 생성하지 않음	아스팔트 과잉현상	노면의 표면불량	평탄성이 나쁜 거치른 노면	봉소상 또는 라벨링	조인트의 부정	롤러의 혼적	돌출 또는 파장표면	균열(가늘고 수가 많은)	균열(크고 긴 것)	롤러에 의한 돌의 파쇄	포장중 표층의 균열	기층면상의 표면의 슬립
원 인														
택코트의 부족 또는 불균일					○				○					○
프라임코우트 또는 택코우트의 양생부적당					○				○					○
혼합물이 지나치게 굵을 때				○	○	○	○					○	○	
혼합물중 세립분과잉				○				○	○	○				○
아스팔트부족		○				○				○			○	○
아스팔트과잉	○		○					○	○					○
혼합물 계량착오	○		○	○	○	○		○	○	○		○	○	○
Batch 불량	○		○	○	○	○			○					
혼합물중 수분과잉		○							○					○
혼합물의 과가열, 연소		○												○
혼합물의 온도강하가 지나칠 때				○	○	○	○	○				○	○	○
spreader작업 부적당				○	○	○	○		○			○	○	
spreader정비불량				○	○	○	○		○			○	○	
전압 부적당				○	○	○	○	○						○
전압시기 착오				○	○	○	○	○	○	○		○		○
과 전 압				○						○	○	○		○
전압시의 혼합물온도가 지나치게 높을 때				○	○		○	○	○	○		○		
전압시의 혼합물온도가 지나치게 낮을 때				○	○	○	○	○						○
온도가 저하되지 않은 포장상에서 Roller가 정지하였을 때					○			○						
Roller중량이 지나칠 때					○			○	○	○	○	○		○
Roller진동					○				○					
기층불안정					○		○		○	○	○		○	○
하층의 수분과잉										○	○			○
프라임코우트, 택코우트의 과잉	○		○											○
spreader후의 수작업과잉				○	○	○	○							
핸드레이크가 지나칠 때				○	○	○	○		○					
노무자의 부주의 또는 미숙				○	○	○	○	○						
포설중 분리가 지나칠 때			○	○	○	○	○							○
다짐 작업 과실							○							
다듬질기계 속도가 지나칠 때				○	○									○
혼합물의 펴고르기 두께가 지나칠 때									○					
혼합물 온도가 높을 때									○					

### 마) 한랭기에 있어서의 포설

가열혼합물을 한랭기에 포설하는 것은 소요의 밀도를 얻기가 어려워 이용연수가 감소하므로 피하여야 하나 부득이 한랭기에 포설하여야 될 경우에는 다음 사항에 주의하여야 한다.

#### (1) 한랭기의 포설대책

부득이 한랭기(5℃이하)에 포설할 경우에는 각 현장의 상황에 따라 다음의 방법을 사용하여 소용의 다짐밀도를 얻을 수 있는지 확인하여야 한다. 5℃이상일지라도 바람이 강할 때는 여기에 준한다.

- ① 운반중의 보온방법과 포설후에 신속히 다짐을 할 수 있도록 한다. 현장의 상황을 고려하여 플랜트에서의 혼합온도를 정하고 그 온도가 185℃ 이하가 되도록 한다. 한랭기에 혼합물의 현장도착 온도는 적재 혼합물의 표면으로부터 6cm정도의 깊이에서 160℃를 내려가지 않는 것이 좋다.
- ② 혼합물의 운반트럭에 보온설비를 한다.
- ③ 포설할 때에는 아스팔트 피니셔의 스크리이드를 계속해서 가열한다. 작업을 중단한 후 다시 혼합물의 포설을 할 때는 이미 포설해 놓은 포장의 단부폭 20~30cm 정도에 가열혼합물을 놓는 등 적당한 방법으로 가열해 둔다.
- ④ 다질때는 혼합물의 포설이 진행되면 즉시 다짐작업을 실시하고 롤러의 혼합물부착방지에는 경유들을 사용한다.

### 3) 상온혼합식공법

#### 가) 혼합

혼합에는 배치믹서, 연속믹서 등이 사용된다. 균일하고 양질의 혼합물을 만들 경우에는 다음 사항에 주의해야 한다.

- ① 함수비가 높은 골재를 사용하는 경우는 충분한 관리를 한다. 혼합물에서 골재의 함수비는 유화아스팔트를 사용하는 경우는 1~4%, 커트백아스팔트를 사용하는 경우에는 2%이하가 좋다.
- ② 재료의 투입순서는 먼저 골재를 투입하고, 혼합한 후 역청재료를 가한다. 혼합시간은 유화아스팔트인 경우는 20초, 커트백 아스팔트인 경우는 45초정도가 표준이다.

#### 나) 운반

혼합물의 운반은 덤프트럭을 사용하고 다른 물질의 혼입과 하계에는 수분 등 휘발분의 증발을 방지하기 위하여 시트로 덮는다.

#### 다) 포설

포설에 앞서 기층을 점검하고 필요에 따라 택코우트를 시행한 후 다음 순서로 시공한다.

- ① 혼합물은 피니셔나 스프레이어 또는 인력으로 레이크 마무리에 의하여 부설하고 고른다. 피니셔를 사용한 경우 평탄성, 두께의 균일성, 결의 균등, 밀도가 증대되어 작업효과가 좋다.  
레이크 마무리인 경우는 스코프로 혼합물을 분산하고, 골재가 분리되지 않도록 하며, 가능한 한 잔골재가 상면에 나오도록 레이크로 부설하고 고른다.
- ② 고르는 두께는 혼합물의 종류 및 피니셔, 레이크 작업에 따라 다르며 마무리 두께의 1.2~1.3배 정도로 한다.
- ③ 다짐방법은 가열혼합식에 준한다.

#### 라) 실코우트

표층의 초기안정성을 유지하고 수밀성을 위하여 필요한 경우에는 실코우트를 시공한다. 시공시기는 유화아스팔트 포장인 경우는 표층마무리 직후로 한다. 또 커트백 아스팔트인 경우는 유제가 휘발하여 충분히 안정되도록 하여 행하며 표층마무리에서 7~10일후에 시공하는 것이 표준이다.

### 4) 침투식 공법

#### 가) 주골재의 부설 및 고르기

포설전에 기층을 점검하여 먼지나 불순물을 제거하고 정정하여 택코우트를 실시한다. 주골재의 부설은 소정량을 균일하고 분리가 발생하지 않도록 스프레이어 또는 인력으로 하며 그 부설두께는 마무리 두께의 기본이 되는 것으로 주의하여야 한다. 또 주골재부설의 양부는 포장표면의 평탄성을 좌우하는 것으로 세심한 시공이 요구된다.

#### 나) 주골재의 다짐

주골재의 다짐은 층의 마무리 두께에 직접적으로 영향을 주고, 포장전체의 내구성에 크게 영향을 미치는 것이므로 주의하여 흠이 없도록 할 필요가 있다.

#### 다) 역청재료의 살포

역청재료의 살포는 디스트리뷰터 또는 엔진스프레이어로 주골재의 표면에 소정량을 균일하게 살포하고, 충분히 침투시켜 골재를 피복하도록 한다. 또, 역청재료와 골재의 부착을 위하여 시공시기에 따라 역청재료를 선정한다.

역청재료의 살포는 가열침투식공법에는 기온이 10℃이하, 상온침투식공법에는 기온이 7℃이하로 시공하여서는 안된다.

라) 채움골재 및 틈막음골재의 살포

채움골재는 주골재의 간극을 완전하도록 소요량을 균일하게 살포한다. 살포는 역청골재를 가열하여 사용하는 경우에는 역청재료가 가열된 상태로 유화아스팔트를 사용하는 경우에는 역청재료 살포직후에 한다.

마) 채움골재의 다짐

채움골재의 다짐은 주골재의 경우와 다르며 골재를 가볍게 다짐한다.

바) 실코우트

내구성을 좋게하기 위하여 반드시 실코우트를 한다. 시공시기는 스트레이트 아스팔트 또는 유화아스팔트를 사용한 경우에는 표층포장마무리 직후에, 커트백아스팔트인 경우는 표층포장 마무리 후 7~10일 정도 지난 후 한다.

**다. 콘크리트 슬래브**

1) 일반사항

콘크리트 슬래브는 균질성 및 소정의 강도가 나오도록 정밀하게 시공하고 노면은 평탄하게 마무리 하며, 줄눈은 수밀하도록 시공한다. 소정의 규격에 맞는 콘크리트 슬래브를 시공하는 데는 건설부제정 「콘크리트표준시방서의 포장콘크리트편」에 준하는 외에 다음 사항도 주의하여 시공하여야 한다. 양질의 콘크리트를 생산하기 위해서는 ① 시용재료의 균일성(재료의 (재료의 검수, 저장, 원재료관리) ② 계량 ③ 플랜트 등의 관리 ④ 혼합 ⑤ 운반 등에 주의를 요한다. 또한 레미콘을 사용할 때는 KS F 4009에 의하여 콘크리트 타설이 원활하게 되도록 타설계획을 수립한다.

2) 비빔

가) 재료의 계량

시방배합과 같은 콘크리트를 만들기 위하여 현장배합으로 수정한 플랜트배합의 각종재료를 정확하게 계량하기 위하여 플랜트 점검조정과 콘크리트 시험비빔을 한다.

재료의 계량은 물 및 혼화제를 제외하는 중량계산로 한다. 이때의 계량오차는1회 계량분량에 대해 표 5.6과 같다.

표 5.6 계량오차의 허용값

재료의 종류	허용오차(%)
물	±1
시멘트 및 혼화제	±2
골재	±3

## 나) 혼합

콘크리트 슬래브는 되비빔의 것이므로 균등질의 콘크리트를 만들기 위해 다음 사항에 주의해야 한다.

- ① 믹서는 성능이 좋은 강제배합믹서 또는 가경식 믹서를 사용하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 혼합시간은 시험에 의해 정하지 않을 때 가경식 믹서를 사용하는 경우 1분30초, 강제혼합믹서를 사용할 경우 1분을 표준으로 한다.
- ③ 혼합시간은 소정시간의 3배를 넘어서는 안된다.
- ④ 혼합작업을 일시 중지할 경우 1시간 이내이면 믹서내의 건조를 막도록 조치하고, 중단시간이 1시간을 넘을 경우 믹서를 청소해 두어야 한다.

## 다) 운반

콘크리트는 재료가 분리되지 않는 방법으로 운반하여 조속히 타설하여야 한다. 슬럼프가 5cm정도인 경우에는 애지테이터 트럭(Agitator truck), 5cm미만의 콘크리트는 덤프트럭을 사용하여 운반한다. 운반시간은 1시간을 넘어서는 안된다.

콘크리트의 운반에서 주의할 사항은 다음과 같다.

- ① 콘크리트 적재시 재료의 분리를 방지하기 위하여 낙하높이를 가급적 적게 한다.
- ② 운반중에는 콘크리트가 건조하지 않도록 천막지, 기타 적당한 방법으로 콘크리트 표면을 덮어서 보호해야 한다.
- ③ 플랜트에 집합 흡퍼가 있는 경우 믹서에서 배출된 콘크리트를 일단 집합 흡퍼에 받았다가 운반차에 적재해야 한다.
- ④ 운반차는 사용전후 반드시 물로 씻어야 한다.
- ⑤ 레디믹스트 콘크리트를 사용할 때는 타설계획에 따라 제조자와 협의하여야 한다.

## 라) 포설

### (1) 거푸집

거푸집의 양부는 콘크리트포장 공사의 양부에 영향을 미치게 되므로 경험이 있고 숙련도가 높은 작업원을 배치하여 적절한 거푸집을 사용하여 작업한다.

### (2) 펴고르기 및 다짐

콘크리트포설에 앞서 보조기층면 거푸집 등을 점검하여 설치가 양호한 상태인가를 확인하고 보조기층에는 보조기층지를 깔거나 유체를 살포한다. 콘크리트를 펴고를 때는 골재의 분리가 일어나지 않도록 하고 균등하게 펴 고른다. 스프레더(Spreader)를 사용하여 펴고르는 것을 원칙으로 하나 소규모일 때는 인력으로 하기도 한다. 이 펴고르기의 양부는 콘크리트의 평탄성과 균등성에 영향을 미친다. 또한 콘크리트 스프레더의 펴고르기 능력은 포장능력을 지배하게 되므로 다른 기계와의 조합 및 기종,



대수의 선정이 중요하다. 또한 콘크리트의 다짐은 피니셔(Finisher)를 사용하는 것이 바람직하며 다짐이 충분치 않으면 콘크리트 슬래브의 휨강도에 직접 영향을 미치며 콘크리트 슬래브의 수명을 단축하거나 균열이 발생하는 원인이 되므로 주의를 요한다.

### (3) 철망

「4.4.4 콘크리트 포장 가. 2) 다) 철망 및 단부보강철근」 참조

### (4) 줄눈

줄눈의 시공이 부적당한 경우에는 콘크리트포장 구조상의 약점이 되어 그 부분이 손상되므로 정성껏 시공해야 한다. 시공시 주의할 사항은 다음과 같다.

- ① 줄눈부근의 콘크리트는 슬래브의 다른 부위와 같은 강도를 가질 수 있도록 하고 높이의 차가 없도록 시공한다.
- ② 팽창줄눈의 시공에 있어 실부분의 줄눈폭은 줄눈판 두께보다 조금 넓게 시공한다.
- ③ 줄눈은 진행방향에 직각이며 노면에 수직이 되도록 시공한다.
- ④ 줄눈의 다듬질은 콘크리트면의 고르기를 마치면 줄눈과 함께 가구획을 하여 물기가 없어질 때까지 기다려 최종마무리를 한다.
- ⑤ 팽창줄눈의 줄눈판은 높이가 같은 것을 사용하고 휘거나 기울어져 보조기층에서 심하게 위로 솟아 올라오는 일이 없도록 한다.
- ⑥ 팽창줄눈은 콘크리트 경화후 줄눈의 끝이 잘 건조하면 콘크리트 부스러기 등을 제거하고 청소를 하여 주입 줄눈재를 주입한다.
- ⑦ 맹줄눈의 시공은 콘크리트 경화후 다이아몬드 또는 카보랜덤의 커터로 잘라 설치한다.
- ⑧ 세로줄눈은 일반적으로 접합줄눈으로 한다. 상부에서 우수가 유입하는 것을 방지하기 위하여 폭 1cm, 깊이 3~4cm로 주입제를 만들어 청소하고 건조된 후 줄눈재를 주입한다.

### (5) 표면마무리

콘크리트 슬래브의 표면은 치밀하고 견고하며 평탄성이 좋고, 특히 세로방향의 작은 파형이 적게 되도록 하는 것이 중요하다. 또한 표면의 미끄럼저항과 광선의 반사방지효과를 높이기 위하여 결이 굵은 면으로 마무리 하여야 한다.

표면 마무리는 피니셔의 의한 초벌마무리, 표면마무리 장비에 의한 평탄 마무리 및 거친면 마무리의 순서로 하는 것이 일반적이다.

### (가) 초벌마무리

초벌마무리는 피니셔의 피니싱 스크리드로 한다. 초벌마무리면의 높이 및 표면상태는 그 후의 평탄마무리 작업성에 큰 영향을 주게 되므로 소정의 높이로 균일한 마무리면이 되도록 주의하여야 한다.

### (나) 평탄마무리

평탄 마무리는 초벌마무리에 연이은 작업으로 표면마무리 장비에 의하여 시행한다. 표면마무리 장비는 스크리드를 세로방향으로 끌어 움직이는 세로방향 표면마무리 장비와 사방향으로 끌어 움직이는 사형장비가 있다.

### (다) 거친면 마무리

평탄마무리가 완전히 종료되어 표면에 물기가 없어지면 거친면 마무리 장비 또는 인력에 의하여 거친면 마무리를 한다.

곡선반경이 적은 구간, 비교적 고속주행이 많은 구간, 제동, 출발이 많은 구간의 콘크리트 표면의 거치른 정도는 미끄럼마찰저항을 높이기 위하여 약간 깊게 하는 것이 좋다. 또한 홈의 깊이를 크게 하여 노면의 배수효과를 높이기 위하여 행하는 그루빙(Grooving)도 거친면 마무리의 하나이다.

## (6) 양생

양생은 초기양생과 후기양생으로 나눌 수 있다. 초기양생은 콘크리트 경화전 및 경화중에 이상기상 작용이나 사람·차량 등으로 표면이 손상을 받지 않도록 직사일광 및 바람을 피하고 저온에 노출되어 동결하는 일이 없도록 하는 것으로 보통 삼각지붕덮개나 스폰지맷트, 마대 등을 사용한다.

후기양생은 콘크리트슬래브의 수화작용이 충분히 이루어져 소요의 강도를 얻을 수 있고 또 충분한 강도를 얻기 전에 과대한 온도응력이 슬래브내에 발생하지 않도록 온도변화를 되도록 적게 하기 위하여 하는 것으로 마대가 흔히 사용되며 스폰지 맷트, 가마니, 젖은 모래 등이 사용될 때도 있다. 또한 계속 습기를 유지하도록 살수하는 것이 중요하다. 또 양생기간은 현장양생으로 콘크리트슬래브의 휨강도가 설계기준 강도의 70%에 달할 때까지 한다. 양생기간은 기상조건의 영향을 받으나 보통 포틀랜드시멘트를 사용할 때 2주일간, 조강포틀랜드시멘트를 사용할 때 1주일간이 표준이다. 양생기간중에 차량이나 사람이 통행하지 않도록 주의한다.

## (7) 교통개방시간

교통개방은 설계기준휨강도 이상에 달한 것이 확인된 후에 한다. 부득이 개방을 서둘러야 할 때는 설계기준휨강도의 70%이상에 달한 것이 확인된 후에 한다.

강도확인용 공시체를 3개이상 만들어 콘크리트슬래브의 측방에 놓고 콘크리트슬

래브와 같은 양생을 하여 이들 공시체에 대하여 휨강도시험을 한다.

#### (8) 뒷 정리

뒷 정리는 공사완료 후 단순한 청소뿐만 아니라 현장의 점검과 완성물이 기능을 발휘토록 종합마무리를 해야 한다.

또한 일상업무종료후의 뒷처리로 익일의 작업준비 및 안전관리를 위하여 필요한 작업이다.

#### 라. 토사계 포장

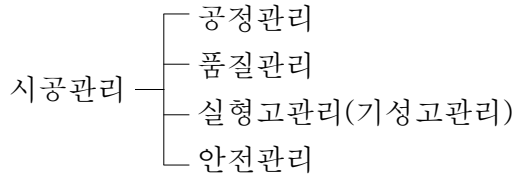
토사계 포장에서 보조기층의 구조는 상부보조기층과 하부보조기층으로 나누고, 포장의 공중과도 관련시키는 것으로서 각각의 구조는 그 기능을 수행하기에 충분한 것으로 한다. 특히 장래에 포장을 예정하는 장소에서는 포장을 대상으로 한 CBR시험을 하고 그 결과에 따라 포장보조기층재료의 규격에 맞는 것을 사용하는 것이 좋다.

또 토사계포장의 마무리에서는 소정의 횡단기울기, 편기울기, 종단기울기 등에 있어서 평탄하고 균일하게 되어야 한다. 이 때문에 모타그레이더 등에 의하여 정형 또는 롤러 등에 의한 노상표면, 보조기층면 등의 다짐과 모타그레이더의 병용이 좋다.

## 5.3 시공관리

시공관리는 관계법규 및 제기준을 준수하여 실시하여야 한다.

시공관리의 기본구성은 다음과 같다.



### 5.3.1 공정관리

공정관리는 당초의 시공계획을 실시공정의 각 시점에서 점검하고 시공실적에 반영하여 소기의 목적을 달성할 수 있도록 조정해야 한다.

도로공사 특히 포장공사는 일반적으로 동일공종에 대한 분할점이 적으나 공정간의 분할점, 공구의 분할점에서는 재조정할 필요가 있다.

이상기후나 예측치 않은 장애가 발생하여 공정이 지연되었을 때는 작업편성의 증강, 작업시간의 연장 등 구체적인 시공계획을 재검토하여 지연을 만회하도록 시공계획을 변경한다.

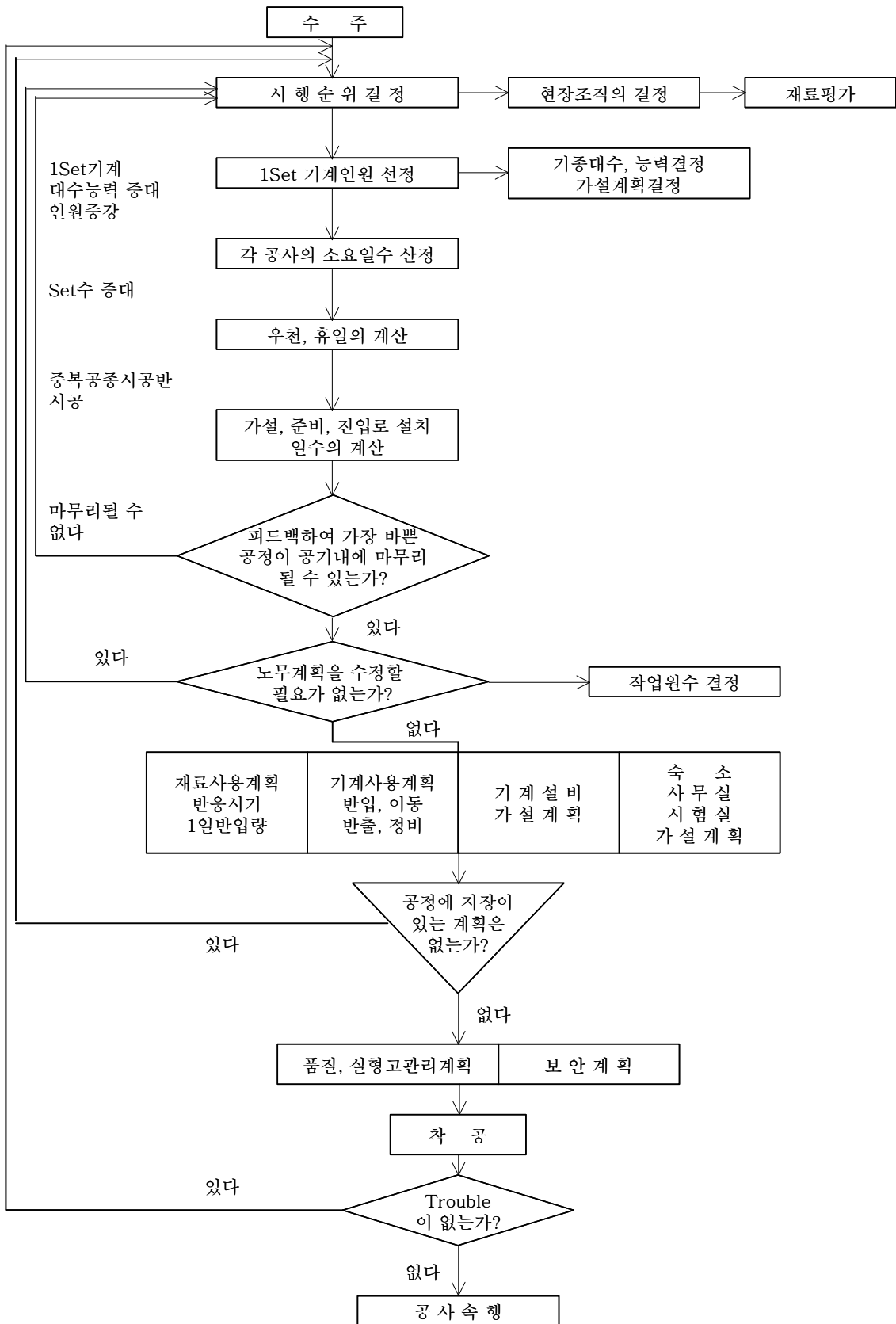


그림5.5 시공계획과 공정관리 흐름도

### 5.3.2 품질관리

시공에 있어서는 적절한 품질의 농도를 건설하기 위하여 품질관리를 한다.

농도의 품질관리는 포장공으로 대표 되므로 여기서는 포장공의 품질관리에 대하여 기술한다.

#### 가. 품질관리의 합리화

품질관리는 발주자가 요구하는 설계품질에 적합한 제품을 만드는 방법임과 동시에 가장 경제적인 생산수단을 찾는 방법이기도 하다. 종래 행하여 온 것은 발주자 지도형의 관리방법으로 설계품질의 확인에만 중점을 두고 있었으나 근래, 노동력의 철저한 절감대책의 일환으로 책임시공제도를 실시하게 됨에 따라 시공과정의 관리업무는 전부 시공자에게 위임되고 발주자는 그 최종품질을 검사하여 합격여부를 판정하도록 되었다. 따라서 시공자는 자주관리가 중요하며 발주자·시공자 쌍방의 입장을 존중한 시공관리시스템이 완성되어야 비로소 품질관리의 합리화가 달성되는 것이다.

#### 나. 자주관리의 방법

품질관리를 합리화하기 위해서는 공사규모에 따라 관리항목, 빈도 등을 보정할 필요가 있다. 관리에는 표준화와 피드백(Feed-back) 방법이 있다. 즉 규격에 맞고 경제성이 있는 제품을 만드는 작업방식을 확립하는 방법과 완성후의 품질을 측정하여 차후의 작업에 참고하는 방법이다. 그러므로 자주관리의 방법을 대별하여 사전관리, 초기관리 및 일상관리의 3개로 분류한다. 사전관리는 작업의 표준화에 중점을 둔 것으로 체크리스트(Check List)로 확인하는 것이다. 초기관리는 공사가 개시된 직후는 작업인원도 일에 익숙치 않고 품질의 변동도 많으며 또 제품규격의 적합여부를 조기에 판단해야 하므로 다소 빈도를 더하여 확실하고 응답(Response)이 빠른 관리방법으로 허용한계를 확인할 필요가 있다. 일상관리는 일정한 관리항목을 일정빈도로 실시하여 제품이 규격에 안전하고 적합한가를 확인하는 것이다.

### 5.3.3 실형고 관리

실형고 관리는 완성된 실형이 검사에 합격될 수 있도록 관리하는 것으로 기준고, 폭, 연장, 두께, 평탄성 등에 대하여 행한다.

일반적으로 실형고(기성고)부족은 재시공에 시간이 걸릴 뿐 아니라 비용도 상당히 소요되는 것이므로 이러한 것을 없애기 위해서도 일상관리가 매우 중요하다. 실형고가 관리기준에 만족할 수 있도록 공사의 진행방법과 작업표준을 시전에 정하여 모든 작업원에게 철저히 주지시키고, 시공중에 측정한 각 기록은 즉시 정리해서 그 결

과는 당시 시공에 반영시킬 수 있도록 할 필요가 있다.

#### 5.3.4 안전관리

시공에서는 공사의 전반적인 안전계획에 대하여 검토하여야 한다.

공사중의 작업원과 더불어 제3자에 대한 안전대책, 방호울타리, 바리케이트, 표식 등의 설치에 대하여 검토한다. 교통처리가 필요한 곳에는 작업차의 운행을 포함하여 표식, 깃발, 기타에 의하여 충분한 교통안전대책을 검토한다. 작업시간에 따라서는 인근의 환경조건을 고려하여 소음, 진동, 먼지, 오수 등의 공해문제가 발생하지 않는지 조사하여 필요한 대책을 수립하고 관리하여야 한다.

## 제 6 장 유지관리

### 6.1 관리의 기본

농도의 관리는 농도의 목적 및 종류에 따라 그 기능이 충분히 발휘되도록 관리자의 의무와 권리를 명확히 함과 동시에 관리체제를 확립하여 적절히 할 필요가 있다.

농도의 이용형태는 농도의 종류에 따라 다르나 일반적으로

- ① 농경을 위한 통행
- ② 농업용자재의 농지에의 반입, 수확물의 농지에서의 반출
- ③ 농업용자재와 수종물의 일시적인 저장
- ④ 농수산물의 집출하
- ⑤ 농어촌생활상의 교통 및 생활공간 등.

이를 위하여 농도는 일반도로와는 이용형태를 달리하는 면이 많으며 이들을 고려한 안전하고 원활한 교통이 가능하도록 유지관리하는 것이 중요하다.

또 유지관리에서는 관리를 위한 체제, 비용, 관리의 범위, 다른 목적에의 사용 등에 관하여 충분히 검토하여야 한다.



## 6.2 관리의 방법

농도의 관리방법은 농도 이용상의 특수성에 따른 교통관리와 보전을 위한 유지관리로 구별할 수 있다.

### 6.1.1 농도의 관리체계

농도의 정비는 장래에도 농수산업용으로 이용되도록 농어촌지역에 대하여 투자되는 사업으로 농어촌주민의 의향이 충분히 반영될 수 있도록 시·도에서 관리하는 것이 바람직하다. 농도가 소정의 목적에 따라 효과를 발휘시키기 위하여는 계획내용에 부합되는 교통을 관리함과 동시에 적절한 일상의 유지관리를 할 필요가 있다. 그러기 위하여는 농도의 관리체계를 정비함과 아울러 수익자에 대하여 자기들의 농도라는 의식의 고양을 도모할 필요가 있다. 이를 위하여 부락 또는 노선별로 관리 위원회를 주민 스스로 자주적으로 보수정비를 하도록 지도하는 것이 필요하다.

농도의 관리자는 농로를 이용하는 자에 대하여 농도임을 인식시키는 안내표식을 설치하는 등 농도의 P·R에 노력하여야 한다. 이 안내표식은 다른 농로와의 연결지점을 비롯하여 주요한 장소에 설치한다. 그러므로 다른 교통의 차량도 영농에 저해가 되지 않도록 운전자가 주의를 게을리 하지 않게 해야 한다.

### 6.1.2 농도의 교통관리

농도의 관리자는 수익농가와 잘 협조하여 농도의 비목적에 따라 안전하고 원활하며 농수산업과 농어촌생활에서의 이용이 최우선이 되도록 해야 한다.

주된 규칙과 안전시설의 설치 등은 다음과 같은 것이 고려되어야 하며 실시에 있어서는 지역실정에 맞도록 그 시기나 방법 등을 검토한다.

- ① 중량제한(설계하중의 범위내에서 중량제한)
- ② 속도제한(고저속혼합통행의 위험회피를 위한 제한)
- ③ 농수산업이용차량의 주정차(기간 · 장소)
- ④ 일반교통의 구별
- ⑤ 안전지역등의 설치(장소, 형식)

### 6.1.3 농도의 유지관리

농도는 적절한 유지관리가 없이는 그 기능을 유지하고 효과를 발휘할 수 없다. 적절한 관리는 도로의 효과를 높임과 동시에 교통사고와 재해를 미연에 방지하여 농도의 이용연수를 연장하게 되어 전체로서 유지관리비의 경감에 이바지하기 때문이다.

## 1) 일상관리

### 가) 정기적인 순찰보수

농도의 이용상황에 맞추어 정기적인 순찰로 현황을 정확하게 파악하여 적절한 보수를 한다는 것은 가장 기본적인 관리이다. 농로의 약점과 피해 예상지점을 파악, 유지관리비의 추정, 보수시기의 예측에 기여할 수가 있다. 순찰 및 보수의 결과는 기록 정리할 필요가 있다.

### 나) 강우시의 순찰보수

농로의 파손, 결손 등의 대부분은 물이 원인이 되며 슬라이딩이나 유수 등에 의한 암거와 측구의 통수 저해, 매립토에 의한 지표수의 유입 등은 직접 도로재해의 원인이 되는 것으로 강우시에 순찰하여 응급처치를 강구함으로써 이들 피해를 미연에 방지할 수 있다.

특히 공용개시후의 기계류의 초기고장에 해당되는 이러한 현상이 많이 발생된다.

## 2) 유지관리

### 가) 정상적인 유지관리

정상적인 교통에 의한 노면손상, 동절기의 동결융해의 반복에 의한 사면의 슬라이딩, 제초, 교량난간의 도장 등 계절의 변화에 따라 정기적으로 필요한 유지관리를 관리자가 하는 것, 수익자의 출역으로 하는 것, 봉사활동으로 하는 것 등 지역실정에 따라 여러 가지 방법을 고려하는 것이 좋다.

### 나) 응급적인 유지관리

이상기후, 지진, 원인불명의 시설손괴 등으로 발생한 농도의 손상에서 재해에 해당하지 않는 것의 유지관리로 사면의 붕괴, 옹벽전도, 노면침하, 부대시설 파손의 보수, 재해시의 응급공사 등이 이에 해당된다.

## 가. 자갈도의 유지보수

자갈도의 노면은 견고한 것이 아니므로 항상 보수하여야 한다. 요철부가 발생하면 곧 높은 곳을 깎고 낮은 부분은 이를 메워 6~12mm 정도의 자갈로 보충하여 평탄하게 하게 고른다. 또 노면에 큰 자갈이 나타나면 이를 제거하여야 한다.

### 1) 자갈도의 결점

(가) 유지보수를 항상 하여야 한다.

(나) 강우시에는 노상이 연약화하기 쉽다.

(다) 건조시는 먼지가 많고 동절기에는 동결상해를 받기 쉽다.

## 2) 자갈도 유지의 주의점

- (가) 도로의 노면을 항상 평탄하게 할 것
- (나) 요철부위는 적당한 방법으로 채워 노면을 평탄하게 할 것
- (다) 마멸로 인하여 부족된 재료를 즉시 보충 할 것

표 6.1 자갈도의 자갈 표준입도(표층용)

통과체(mm)	19	10	4.75	2.36	1.18	0.425	0.150	0.075
체통과중량(%)	80~100	60~80	42~63	30~50	20~38	10~25	6~8	5~15

표 6.2 연간 1km당 표층재료 보급량의 평균(차도폭 7.0m)

교통량(대/일)	100~300	300~500	500~1,000	700~1,000	비고
보급량( $m^3$ )	20~60	60~100	100~140	140~200	

## 나. 콘크리트 포장의 유지관리

### 1) 콘크리트 포장의 파손

일반적으로 콘크리트 포장의 파손은 줄눈에 있다. 자동차는 줄눈에서 충격을 일으켜 이것이 콘크리트 슬래브를 파손되게 하는 것이다. 또한 줄눈으로 표면수가 들어가 노상을 연약화시켜 콘크리트슬래브를 지지하는 힘을 잃게 하여 콘크리트 포장이 파괴된다.

콘크리트 포장 파손의 대부분은 다음과 같은 순서로 일어난다.

- ① 줄눈 및 균열(龜裂)의 채움(Sealing) 재료가 박리된다.
- ② 줄눈 및 균열부분으로 물이 침투한다.
- ③ 펌핑(Pumping) 작용을 일으킨다.
- ④ 슬래브에 균열이 발생하든지 또는 침하를 일으킨다.
- ⑤ 균열이 발달하여 망상이 된다.
- ⑥ 균열된 슬래브가 침하 하든지 또는 움직인다.

표 6.3 콘크리트 포장 파손의 원인과 보수방법

파손의 종류	원인	보수방법
우각부의 균열	·노상, 보조기층의 지지력부족 ·콘크리트의 품질불량(배합, 시공, 양생 등) ·우각부의 보강부정합	·균열의 채움 ·주입공법 ·부분적인 재포장
표면의 미세한 균열이 다수 발생하여 많은 표면박리	·콘크리트의 배합불량 ·시공불량 ·양생불량 ·동결에 의한 표면 파손 ·알카리 반응을 받은 골재의 사용	·덧씌우기
포장슬래브의 부등침하	·타이마, 슬립마가 들어 있지 않은 경우 ·노상, 보조기층의 지지력 부족과 불균일 ·실트질 노상의 동상 ·펌핑 작용	·주입공법 ·단층(段層)의 수정 ·덧씌우기 ·재포장
가로방향의 균열	·슬래브 두께의 부족 또는 불균일 ·노상, 보조기층의 지지력 부족 ·펌핑 작용의 진행 ·콘크리트 품질 불량 ·줄눈 간격의 부적당 ·수축줄눈 절단시간지연	·균열의 채움 ·주입공법 ·덧씌우기
세로방향의 균열	·노상, 보조기층의 지지력 부족 ·편성토부 또는 성상부 길어깨의 침하	·균열의 채움 ·주입공법 ·덧씌우기
가로줄눈 부근의 가로방향 균열	·펌핑 작용 ·줄눈 간격의 부적당 ·블로우업(Blow up) ·수축줄눈의 커팅시기 지연 ·슬립마의 설치불량 ·콘크리트의 품질불량	·균열의 채움 ·주입공법 ·덧씌우기 ·부분적 재포장
망상균열	·균열의 진행 ·콘크리트 품질불량 ·철망의 시공불량 ·노상, 보조기층의 지지력부족	·덧씌우기
표면의 마모 박리	·콘크리트 품질 및 시공불량 ·표면 마무리 불량 ·중차량 교통의 증대 ·연질골재의 사용	·덧씌우기

## 2) 콘크리트 포장의 유지보수

### 가) 예방적 유지보수

포장이 전혀 파손되지 아니 하였어도 연약부를 점검, 유지관리하는 것을 말한다

#### (1) 줄눈 및 균열의 채움

줄눈 및 균열을 통하여 표면수가 보조기층, 노상에 들어가는 것을 방지하는 것과 줄눈과 균열에 이물질(돌, 진흙)이 들어가는 것을 막는 것이다.

균열과 줄눈으로 들어간 물은 노상, 보조기층을 연약화 시키고 팽팽을 일으키던지 또는 동상을 일으키고 이물질이 들어가면 슬래브의 팽창을 방해하여 블로우업을 일으켜 줄눈과 균열에 파손을 일으킨다.

#### (2) 주입작업

콘크리트슬래브 아래에 팽팽작용에 의하여 생긴 공극과 공동이 있을 때 이것이 원인이 되어 콘크리트슬래브가 파손되는 것을 방지하기 위하여 실시하는 공법이다.

### 나) 국부적 유지보수

포장이 파손되었을 때 그 파손을 최소한으로 그치게 하기 위한 유지보수를 말한다.

- ① 덧씌우기
- ② 국부적이고 작은 면적의 재포장
- ③ 단층(段層)의 수정 결손부의 보수

### 다) 재포장

포장의 파손이 심하게 되어 다른 유지보수로는 막을 수 없으며 교통에 심한 장애를 주고 있을 경우에 시행하는 것을 말한다.

- ① 포장표면을 항상 평탄하게 유지할 것.
- ② 노상 및 보조기층을 될 수 있는 대로 건조하게 할 것

## 다. 아스팔트포장, 간역포장 등의 유지관리

아스팔트포장, 간이포장(簡易鋪裝) 등은 교통하중과 기상조건 등 외적작용으로 노면상태가 변하고 포장자체가 노후화 되어 적절한 유지관리를 하지않고 방치하여 두면, 주행성, 최적성, 안정성 등이 저하되고 결국은 원활하고 안전한 교통소통에 지장을 초래하게 된다.

또한 표면마모, 초기균열 등을 적기에 보수치 않을 경우에는 강우 또는 강설시 우수가 침투되어 하부구조를 약화시켜 파손은 급속히 확대, 진행된다. 따라서 표면처리 등을 적기에 실시하는 것이 중요하며 포장도로를 효율적으로 유지보수하기 위하여

는 노면을 종합적으로 평가하여 계획적인 유지보수를 하여야 한다.

## 1) 유지관리의 분류

### (1) 예방적인 유지보수

포장이 아직 파손되지는 않았으나 표면이 심히 마모되어 우수의 침투로 균열이 예상되거나 약간의 균열이 발생된 상태에서 그것이 커다란 파손으로 발전되지 않도록 하기 위한 아스팔트 포장의 표면처리 등이 여기에 속한다.

### (2) 항구적인 유지보수

포장의 균열상태가 심하지 않으나 국부적으로 파손되었거나 표면처리만으로는 노면의 유지개선이 안될 경우의 처리공법으로 덧씌우기 등을 말한다.

### (3) 근본적인 유지보수

포장이 완전히 파손되어 다른 공법으로는 유지보수할 수 없을 때 근본적인 대책으로서 포장을 완전히 재시공하는 것을 말한다.

## 2) 포장의 파손과 원인

포장은 교통의 반복하중에 의하여 노면성상에 변화가 생기고 종국에는 피로하여 파손에 이른다. 아스팔트포장, 간역포장을 유지관리하는 데는 포장의 파손현상과 그 원인을 이해하는 것이 중요한 일이다. 포장의 파손은 노상토의 지지력, 교통량 및 포장두께의 세 가지 균형이 깨어짐으로 발생한다. 파손의 원인인 노면성상과 포장구조가 서로 관계되어 있어 분리하기가 어려우나 크게 나누면 다음과 같이 된다.

### (1) 주로 노면성상에 관한 파손

공용성에만 관한 것으로 노면의 주행성과 교통의 안전성, 쾌적성, 포장 등에 기인하는 연도환경을 직접적으로 저해하며 종국에는 포장의 내구성과 구조의 기능을 해치는 것을 말한다. 노면의 국부적인 균열변형, 마모 등이 여기에 해당된다.

### (2) 주로 구조에 관한 파손

포장의 내구성과 구조를 직접 저해하고 공용성의 저하, 연도환경의 저해에 연결되는 것으로 전면적인 거북등 모양의 균열 등이 여기에 해당된다. 아스팔트 포장, 파손의 분류와 그 원인은 다음과 같으며 간이포장(簡易鋪裝)(수명 약 5년)에 대해서는 균열, 구멍, 침하 등이 발생하기 쉬우나 이들은 기층 및 보조기층의 지지력부족, 다짐부족, 배수불량 등이 주된 원인이다. 그 밖에 포장결과 통과량의 이상증대와 과대한 운하중(輪荷重) 등에 의한 원인도 될 수 있다.

표 6.4 아스팔트 포장 파손의 분류와 원인

파손의 분류		주원인	
주로 노면성상에 관한 파손	국부적인 균열	·미세균열 ·선상균열 ·세로, 가로 방향의 균열 ·시공이음 (Joint)균열	·혼합물의 품질불량, 다짐온도의 부적당에 의한 다짐초기의 균열 ·시공불량, 절성경계(切盛境界)의 부등침하, 기층의 균열 ·노상, 보조기층의 지지력 불균일 ·포장다짐 불량
	단차(段差)	·구조물 부근의 요철	·노상, 보조기층, 혼합물 등의 다짐부족 ·지반의 침하 등에 의한 요철
	변형	·소성변형 ·세로방향의 요철 ·파상마모 (Corrugation)	·과대한 대형차교통, 혼합물의 품질불량 ·혼합물의 품질불량, 노상, 보조기층의 지지력불균일 ·프라임코우트, 택코우트의 시공불량
주로 노면성상에 관한 파손	붕괴	·구멍, 박리, 노후화	·혼합물의 품질불량, 다짐부족 ·골재와 아스팔트의 친화력 부족 ·혼합물중 아스팔트의 열화(劣化)
	기타	·타이어자국 ·흙집 ·표면 부풀음	·이상기온, 혼합물의 품질저하 ·사고 등 ·혼합물의 품질불량, 표면하 공기의 팽창
주로 구조물에 관한 파손	전면적인 균열	·거북등 균열	·포장두께의 부족, 혼합물, 보조기층, 노상의 부적당, 계획이상의 교통량 통과, 지하수
	기타	·동상	·포장두께, 동상억제층두께의 부족, 지하수

### 3) 유지공법

포장의 유지보수는 도로순찰에 의해 결함을 조기에 발견하고 적절한 시기와 방법으로 보수하는 것이 가장 중요하다. 유지공법은 포장의 파손을 근본적으로 수리하는 것이 아니고 일상적으로 보수하는 것을 말한다. 어디까지나 응급적이고 예방적인 유지보수에 의해 포장의 공용성을 유지하도록 하는 것이다.

아스팔트포장의 유지공법을 대별하면 다음과 같다.

- ① 패칭(Patching) ② 표면처리 ③ 부분 재포장 ④ 기타

### 가) 패칭

패칭이란 아스팔트포장의 구멍(Pothole), 단차(段差), 부분적인 균열 및 침하 등과 같은 파손이 발견되었을 때 포장재료로 채우는 응급적인 처리방법으로 면적이  $10 m^3$  미만인 표층과 기층까지의 보수 또는 표층만의 보수를 말한다. 패칭은 포장에 발생한 파손부분을 될 수 있는 대로 조기에 수리하는 것을 원칙으로 하며 파손부분에 포장재료를 직접 채우는 임시적인 방법과 불량부분을 약간 크게 절취하여 포장을 수리하는 방법이 있다. 전자는 특히 긴급성을 필요로 하는 경우에 쓰인다.

응급수리작업은 긴급성에 따라 시행하는 것이므로 수리한 부분이 다시 파손되는 것도 있으나 만약 파손되면 즉시 수리를 반복하여 교통에 지장을 주지 않도록 하여야 한다. 사용하는 재료는 기존포장과 같은 재료를 사용하는 것이 바람직하나 긴급히 대응하여야 할 경우와 재료를 얻기 어려울 때 쉽게 구할 수 있는 가설포장(假設鋪裝)과 같은 재료를 사용해도 좋다. 일반적으로 쓰이는 혼합물은 가열혼합식공법, 상온혼합식공법, 침투식공법 및 폐포장재의 재생이용에 의한 공법 등이 있다.

### 나) 표면처리

표면처리는 아스팔트 포장의 표면에 부분적인 균열, 변형, 마모, 붕괴 등과 같은 파손이 발생한 경우 기존포장에 2.5cm이상의 얇은 층으로 채움층을 시공하는 공법이다.

우기 또는 한랭기 이전에 실시하면 양호한 상태로 포장을 유지할 수 있으므로 예방적인 조치로서 매우 효과적이다.

표면처리에는 일반적으로 다음과 같은 공법이 있다.

- ① 실코우트(Seal coat) 및 아모어코우트(Armour coat)
- ② 카페트코우트(Carpet coat)
- ③ 포그 실(Fog seal)
- ④ 슬러리 실(Slurry seal)

### 다) 부분 재포장

포장의 파손정도가 심하여 다른 공법으로서는 보수할 수 없다고 판단할 때는 파손이 미친 부분의 표층 또는 기층까지 부분적으로 재포장하는 공법으로 면적이  $10 m^3$  이상인 것을 말한다. 재포장은 아스팔트 포장의 유지보수공법 중 가장 공사비가 많이 드는 방법이다.

### 4) 보수공법

아스팔트포장의 보수공법에는 덧씌우기, 재포장 등의 공법이 있으나 어느 것이나 유지공법에 비하여 고가이다. 포장이 전면적인 파손에 이르는 원인은 포장두께의 부족, 혼합물의 불량, 노상 및 보조기층의 부실, 지하수, 교통량의 증대 등을 생각할 수



있으나 보수공법을 채택하는 경우에는 시험(試驗) 및 측정결과를 근거로 검토하고 다시 종래의 경험 등을 고려하여 신중하게 결정하여야 한다.

#### 가) 덧씌우기

덧씌우기는 기존포장의 강도부족으로 보충하는 것 외에 노면의 평탄성개량, 균열로 빗물의 침투를 방지하는 목적도 있다. 덧씌우기 공법은 공사비가 많이 들고 두께의 선정도 곤란하다.

또한 시가지에서는 노면높이의 상승과 배수 등의 문제로 덧씌우기 공법을 채택할 수 없는 경우가 있으므로 도로상황을 고려하여 공법을 검토하여야 하며 이의 채택이 어려울 때는 굴착 덧씌우기, 재포장 재생공법 등을 검토해야 한다.

#### 나) 굴착 덧씌우기

아스팔트포장의 파손이 진행되어 표면처리 등의 유지공법으로서는 노면을 유지할 수 없다고 판단되는 경우

- ① 전면적인 재포장을 실시하기까지는 아직 시간이 많이 남아 있으며,
- ② 인접지, 보도, 배수시설 등의 높이, 물받이 등의 인상(引上)에 요하는 공사비와 같은 경제적인 문제로부터 덧씌우기가 적합지 않다고 할 때 채택된다.

#### 다) 재포장공법

아스팔트 포장의 파손이 심하게 되어 다른 유지보수공법으로서는 양호한 노면을 유지하기 어렵게 되었을 때 채택하는 공법이다. 따라서 포장의 상태와 파손원인 등을 충분히 조사하는 한편 경제적인 면, 기술적인 면 등을 종합적으로 판단하여 재포장공법의 채택여부를 결정한다. 또한 결손원인이 통상 또는 배수불량에 기인하는 경우에는 동상대책공법 또는 배수공을 실시하여야 한다.

## 제 7 장 효과 및 평가

농도를 정비함으로써 생기는 효과에는 농도자체가 갖는 기능과 사업계획에 의해 주어지는 역할이나 성격에 의해 직접적인 것에서부터 간접적인 것에 이르기까지 여러 가지가 있다. 따라서 농도계획수립시에 이들 효과를 계측하여 사업의 경제성과 타당성 평가한다.

### 1. 농도정비의 효과 및 평가

#### 1) 농도가 갖는 기능과 효과

농도는 농도자체가 갖는 기능과 사업계획에 의해 주어진 역할이나 성격에 따라 여러 가지 효과를 발휘하게 되는데 기능과 효과와의 관계를 체계적으로 분류하면 다음과 같다.

#### 2) 사업별 농도효과

농도정비사업에서의 경제효과는 정비되는 농도의 기능과 능력 또는 기대하는 역할이나 성격에 의해 그 취지가 달라지지만 농도정비사업의 위치에서 분류한 효과의 기대내용을 보면 다음과 같다.

가) 기간농도(基幹農道) ..... 농수산사업생산활동 및 농수산물유통(운송)의 합리화를 꾀하기 위하여 생산단지와 유통시설, 또는 소비지와 직접 연결하기 위해 도로를 정비하는 것으로서 농수산물의 집출하에 요하는 시간과 경비절감이 주요한 효과가 된다.

나) 경지정리 등에 의한 농도 ..... 경지내 및 경지와 취락을 연결하는 지선농도 또는 경작도를 정비할 때 구획정리와 함께 정비되는 농도가 이에 해당된다. 따라서 대형농업기계의 도입에 의한 농작업의 노동력의 철저한 절감과 농업용생산자재, 생산물의 운반능률화 등이 주된 효과가 되며 적기에 적정작업을 가능하게 함에 따르는 농산물이 증수효과도 기대된다.

다) 농지개발에 의한 농도 ..... 임야 등 미개간지를 농지로 개발하기 위하여 신설하는 개발도로로서 농지확장에 의한 농산물의 증산효과가 기대된다.

#### 3) 농도의 경제효과

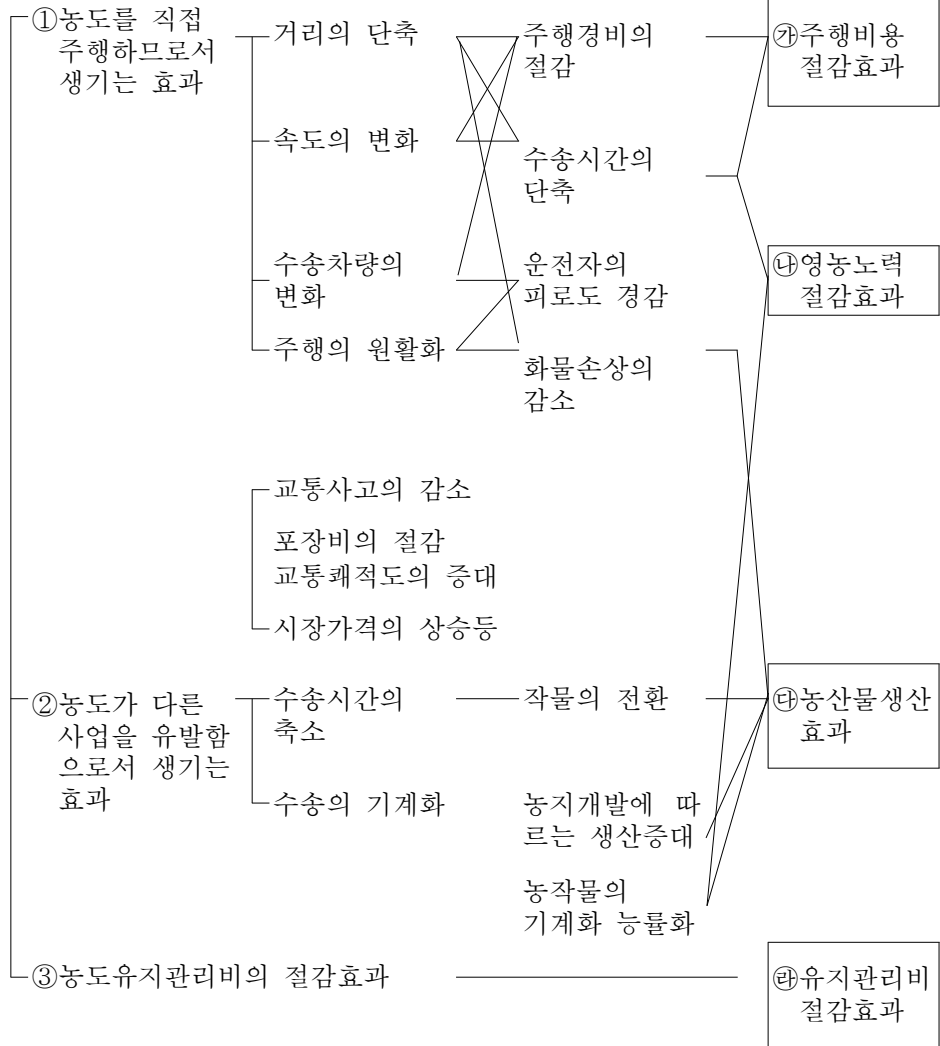
농도정비에 의해 얻어지는 효과는 상당히 광범위한 분야에 미치므로 그 효과의 전모를 공통적인 가치척도로 평가할 필요가 있다. 그러나 이미 열거한 바와 같이 농도 효과중에는 수량적으로 계측하기 어려운 효과나 장래의 기대효과를 평가하기 어려운 것도 있어 그 계측방법은 농도의 효과(역할)중 수량적으로 계측할 수 있는 범위내의 것으로 한다.

(농도의 기능)

(효과의 종류)

(농업사업에서 계획하고 있는 효과)

(1) 농산물의 근대화



(2) 농어촌생활 환경의 개선

④ 농어촌지역주민의 후생증대효과 (Welfare improvement effect for rural residents)

(3) 기타

⑤ 토지자원의 효율적 이용, 생산, 집출하의 합리화에 따르는 효과 (Effects following efficient use, production, and rationalization of land resources)

- 토지이용가치의 증대, 농사물의 선택적 생산확대 (Increase in land use value, selective expansion of crop production)
- 농지방재, 시장권의 확대 (Expansion of agricultural reserves, market power)
- 농업조직의 확대와 통폐합의 촉진 (Expansion of agricultural organizations and promotion of consolidation)
- 시장기능의 합리화등 (Rationalization of market functions, etc.)

⑥ 농어촌에서의 농수산업활동, 기타 활동의 증진효과 (Promotion effect of agricultural and aquaculture activities, etc. in rural areas)

⑦ 농도정비에 따르는 투입자재, 노동력수요증대에 의하여 생기는 여러 가지 파급효과 (Various ripple effects caused by the increase in input materials and labor demand following tractor maintenance)

농도정비의 효과와 효과발생요인을 체계적으로 분류하면 다음과 같다.

효과의 구분)	
①주행비용 절감효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 운송수단의 변화 .....농도의 신설 및 개수에 의하여 운송차량을 대형화 한다.</li> <li>— 운송속도의 변화 .....농도의 정비(확폭, 커브의 제거, 포장 등)에 의하여 속도를 높인다.</li> <li>— 운송거리의 단축 .....농도의 신설에 의하여 운송거리를 단축한다.</li> <li>— 이동(통작) 시간의 변화 ..... 농도의 신설, 개수에 의하여 통작 농기계의 이동시간을 단축시킨다.</li> </ul>
②영농노력 절감효과	— 단지내작업의 능률화 ..... 농도망정비에 의해 간선농도에서 경작로에 이르기 까지 정비함으로써 단지내의 작업을 효율화한다.
③농수산물 생산효과	— 직접효과 하물손상 ..... 농도의 확폭, 도장에 의하여 주행중 방지효과 의 화물손상을 절감한다. 방진효과 ..... 농도의 포장에 의하여 연도 농수산 물에 대한 방진피해를 경감한다.
④유지관리비 절감효과	..... 농도의 정비에 의하여 유지관리비를 절감한다.

## 2. 농도정비의 효과분석 및 평가방법

### 가. 평가방법

(1) 투자사업의 시행시와 미시행시를 비교하는 방법에 의거 평가하는 것을 원칙으로 한다.

(2)화폐가치로 환산될 수 있는 모든 기대효과는 계량화시키며 계량화가 불가능한 간접효과도 분석·평가대상으로 한다.

(3) 효과분석방법으로는 ① 수익·비용비율분석(B/C : Benefit-Cost ratio analysis), ② 순수익현재가액분석(NPW : Net Present Worth analysis) ③ 내부투자수익분석(IRR : Internal Rate of Return analysis)의 세가지 주요지표가 있으며 이는 분석관점에 따라 사경제적 관점에서 분석하는 재무분석과 국민경제적 관점에서 분석하는 경제분석으로 구분한다. 그러나 이들 방법 중 어느 것이 최선의 방법인지를 규명하는 것이 곤란하며 분석관점은 농도정비의 성격상 국민경제적인 관점에서 분석하는 경제분석을 원칙으로 한다.

### 나. 사업투자효과 분석방법

#### 1) 계량효과

##### 가) 효과분석방법

농도개발에 따른 계량화수익을 산출하기 위하여 사업시행전(현재)과 사업진행후(계획)로 구분하여 다음과 같은 항목에 대한 효과를 산출한다.

### (1) 주행경비절감

#### (가) 시간절감효과

계획도로의 신설·개량에 따라 지역간을 연결하는 도로연장의 단축과 도로의 폭, 기울기, 커브, 포장의 개량 및 다른 도로와 교차부분의 개량 등으로 수송수단의 변화, 주행거리 및 속도의 변화에 의하여 주행시간이 절감되므로써, 이를 노동의 기회비용으로 환산하여 결과를 계측한다.

##### ○ 효과산정방법

- 시간절감=시행전 주행소요시간-시행후 주행소요시간
- 승차인원=차량별 승차인원×일통행량×365일
- 절감일수=총승차인원(㉓)×시간절감÷24
- 시간절감효과=절감일수(㉔)×0.745×노임단가

주) 기회비용조정계수(0.745)는 농업기반조성사업 경제분석 평가기준(농어촌진흥공사, 1993 .3)의 계수적용

#### (나) 비용절감효과

계획도로를 이용하는 농기계 및 차량이 도로가 비포장에서 포장으로 구조가 개선되므로써 차량이 주행에 변화를 일으켜 연료, 타이어, 소모품, 차량수리비, 상각비 등의 경비가 절감되어 발생하는 효과를 계측한다.

효과계산방법=(시행전 비용-시행후 비용)×차종별 운행회수

#### (다) 작부체계 개선효과

① 도로가 정비됨으로써 변화되는 작부체계는 농민희망, 추천 작부체계 및 생산단지 계획을 고려하여 수립한다.

##### ② 하상방지효과(荷傷防止効果)

본 사업구간의 노면상태불량으로 농수산물 등 운반화물의 손상(하상)이 발생할 경우, 품질이 저하되어 그 하상률에 의거 피해액을 산출, 사업시행에 의한 효과를 계측한다.

효과계산방법=운반량×하상률×단가

#### (마) 방진효과

방진효과는 사람, 차량, 건물 및 농작물 등으로 볼 수 있으며 사람과 차량은 연간 교통량으로 계산하고, 건물은 도로변에 위치하여 먼지피해를 받고 있는 호수로 보며 농작물은 작물별 피해면적 및 피해액에 의거 농작물수입감소액으로 산출한다.

효과산정방법=피해량×단가

(바) 유지관리비 절감효과

사업 시행전도로의 유지관리를 위한 공동부역비용(共同賦役費用)과 도로정비후의 당해비용을 산출하여 그 차감액을 도로정비사업의 효과로 계측한다.

효과계산방법=시행전 유지관리비-시행후 유지관리비

표 7.1 사업효과 분석결과

노선별 효과구분		선		선		선		선	
		소득	순이익	소득	순이익	소득	순이익	소득	순이익
시행비용절감									
시간절감	총액								
	농업								
비용절감	총액								
	농업								
작부관계개선									
품질(하상)향상									
방진효과									
유지관리비절감									
총효과비 (천원)									
km당 효과비 (천원)									
통가구당소득증 가(천원)									

2) 비계량효과(간접)효과

- ① 생활환경개선효과 : 교육, 문화 및 복지시설이용도제고, 생활의욕증대, 삶의 질 향상, 생활권의 확대 등
- ② 자산증식효과 : 토지가격의 상승, 자원가치의 상승 등
- ③ 유통개선효과 : 유통구조의 합리화, 시장권의 확대 등
- ④ 지역개발효과 : 토지이용증대, 2·3차 생산발달의 촉진 등
- ⑤ 지역공동체의식의 강화 : 주민의 지역사회의식제고, 집단생활의 강화 등
- ⑥ 정보의 신속화

### 3) 사업효과 경제분석

#### (가) 투자사업비

(단위 : 천원)

구분 \ 노선별	조정계수	선		선		선	
		총비용	조정비용	총비용	조정비용	총비용	조정비용
순공사비	(0.787)						
자재대	(0.855)						
용지매수비	(0.95)						
측량설계비	(0.95)						
공사감독비	(0.95)						
관리비	(0.95)						
예비비	(0.95)						
계							

주) 이전적(移轉的) 지출비용 제외

#### (나) 노선별 순수입총액

(단위 : 천원)

구분	선	선	선	선	선	선
총순수익						

#### (다) 편익비용비율(B/C Ratio)

노선별	연차	할인계수 (P=10%)	수익현재가치		비용현재가치		B/C 산출식	B/C
			수익	현재가치	비용	현재가치		
선	1	0.9091						
	2	0.8264						
	3-16	6.088						
	계	.						
선	1	0.9091						
	2	0.8264						
	3-16	6.088						
	계	.						
선	1	0.9091						
	2	0.8264						
	3-16	6.088						
	계	.						

<참고> 농도의 우선순위결정방법

1. 우선순위 결정방법

소득개발잠재력, 지역교통편의도, 도로건설여건, 사업투자효과 및 지역개발순위 등 평가항목에 대한 노선별 표준편차( $\sigma$ )를 구하여 각항목에 대하여 다음 식의 표준화변수( $Z_i$ )를 산출하여 항목별 가중치에 표준화변수를 곱한 값의 합계가 해당노선의 표준화변수(총Z-Score)이며, 이 총Z-Score가 높은 노선이 우선순위가 높은 도로이다.

① 표준화변수

$$Z_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}$$

여기서,  $Z_i$ =표준화 변수

$X_i$ =해당 변수( $X_1, X_2, \dots, X_n$ )

$\bar{X}$ =해당 변수( $X_1, X_2, \dots, X_n$ )의 평균치

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}} : \text{표준 편차, } n = \text{노선수}$$

$$\begin{aligned} \text{② 총Z-Score : } Z_a &= \sum_{i=1}^n (W_i \times Z_{a_i}) \\ &= W_1 \cdot Z_{a_1} + W_2 \cdot Z_{a_2} + \dots + W_n \cdot Z_{a_n} \end{aligned}$$

여기서,  $Z_a$ =A선로의 총Z-Score

$W_i$ =평가항목별 가중치

$Z_{a_i}$ =A선로의 항목별 표준화변수

2. 평가항목의 가중치결정

각 평가항목별로 선로의 표준화변수를 구하고, 선로의 중요도를 결정하기 위해서는 적절한 가중치가 결정되어야 하므로 본 조사에서는 평가항목별 가중치를 표 7.2와 같이 하였다.

가. 노선별 평가항목

1) 소득개발 잠재력

가) 산업생산액(백만원/km당)

해당도로를 이용하여 생산 및 반출되는 농산물, 축산물, 임산물, 수산물 등의 식대면적, 생산율을 현지조사하여 계획년도 조정물가를 곱하여 산출한 생산액을 해당도로연장으로 나누어 산출한다.

나) 경제작목 단지면적(ha/km당)

경제작목단지는 경지면적과 중복되거나 집단적으로 경제작목의 생산단지가 조성된 경우 도로개발의 효과제고와 지역자원이용의 극대화를 고려하여 가산점을 부여하기 위한 것으로 특별한 소득이 기대되는 소득작목종별과 면적을 현지조사하여 해당도로연



장으로 나누어 산출한다.

다) 제조업개발(천  $m^2$ /km당)

해당도로를 이용할 수 있는 지역에 계획중이거나 기조성된 농공단지, 공단 등의 종업원의 수, 종업원. 부지면적을 조사하여 2차산업의 부가가치제고에 기여토록 제조업 부지면적을 해당도로연장으로 나누어 산출한다.

라) 관광휴양지 개발(천  $m^2$ /km당)

해당도로를 이용할 수 있는 지역에 관광휴양지, 문화재시설 및 관광지 개발자원이 있는 경우 관광휴양지개발면적 또는 계획면적을 해당도로연장으로 나누어 산출한다.

2) 지역교통 편익도

가) 중심지와의 거리(km)

① 해당군청 소재지 및 지역중심지에서 해당도로까지의 거리를 조사하여 km로 산출한다.

② 오지성 극복을 도모하고 정주체계확립 및 중심지 개발을 위하여 군청소재지 및 지역중심지와 먼 노선을 우선 개발하기 위한 항목임.

나) 상위 도로와의 연계성(점)

해당도로와 상위도로와의 접속관계를 말하며 국도, 지방도, 군도 등 상위도로와의 연결지점이 3개소이상은 4점, 2개소는 3점, 1개소는 2점, 면도연결은 1점을 부여한다.

다) 계획교통량(대)

현지에서 현행 교통량을 조사하여 계획목표년도 15년후의 계획 교통량을 산출하여 기입한다.

라) 인구수(인/km당)

해당도로를 직접 이용하는 인구수이며 통계년보를 이용조사하여 해당도로 연장으로 나누어 산출한다.

마) 마을수(개/km당)

해당도로를 직접 이용하는 자연군락 마을수이며 현지조사하여 해당도로연장으로 나누어 산출한다.

3) 도로건설여건

가) 용지매수 보상비(백만원/km)

해당도로의 용지매수 보상비를 산출하여 연장으로 나눈 값을 기입한다. 아울러 도로사업으로 인하여 발생하는 농경지감소면적도 조사한다. 이는 지역주민의 협조여부 및 사업추진상의 문제점 여부 등을 고려하기 위한 항목으로 가점방식은 (-)로 계산한다.

나) 공사난이도(점)

해당도로공사 난이도로서 연약지반, 대성토, 대절토, 암절구간 등 공사여건이 양호하면 5점, 보통이면 3점, 불량은 1점을 부여한다.

4) 사업투자효과(B/C)

계량효과 및 비계량효과 등의 사업기대효과를 초년도편익을 환산하여 산출하고 이

금액을 초년도 도로건설비용으로 나누어 산출한다. 다만 B/C 또는 IRR(%)로 계산되거나 편의상 B/C를 사용한다.

5) 지역개발 우선순위

가) 주민개발의사(점)

사업시행에 대한 주민의 참여도 및 호응도를 사업추진에 끼치는 영향을 반영하기 위한 것으로 주민공청회 또는 설문조사 등의 방법에 의하여 개발의사가 상이면 8점, 중은 5점, 하는 3점을 부여한다.

나) 군우선순위(점)

해당도로개발에 대한 사업시행주의 정책의지 및 의견을 반영하기 위한 것으로 전체 대상노선에 대한 시행주로서의 의견을 수렴하여 역순위로 점수를 계산하여 반영한다.

다) 평가항목별 가중치

노선별 평가항목에 대한 가중치는 농도정비사업 우선순위 평가방법과 같이 표 7.2의 값을 사용한다.

표 7.2 평가항목 가중치배분율(%)

평가항목	단위	배분율	비고
(1) 소득개발 잠재력		(35)	
(가) 산업생산액	백만원/km	15	
(나) 경제작목단지 면적	ha/km	8	
(다) 제조업 개발	천 $m^2$ /km	7	
(라) 관광휴양지개발	천 $m^2$ /km	5	
(2) 지역교통편의도		(25)	
(가) 중심지와의 거리	km	4	
(나) 상위도로와의 연계성	3개소이상 4, 2개 3, 1개 2면도 1점	4	연결지점수
(다) 계획교통량	대	6	
(라) 인구수	인/km	7	
(마) 마을수	개/km	4	
(3) 도로건설여건		(10)	
(가) 용지배수보상액	백만원/km	5	
(나) 공사난이도	상5, 중3, 하1	5	
(4) 사업투자효과(B/C)		(10)	
(5) 지역개발순위		(20)	
(가) 주민개발의사	상8, 중5, 하3	8	
(나) 군우선순위	역순위배점	12	
합계		100%	

## 부록

### I. 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙

내무부령 제 573호(1995. 7. 28)

제 1 조 (목적) 이 규칙은 농어촌도로정비법 제4조제3항의 규정에 의하여 농어촌도로 (이하 "도로"라 한다)를 정비하는 경우 그 도로의 구조 및 시설에 관한 일반적·기술적 기준을 규정함을 목적으로 한다.

제 2 조 (정의) 이 규칙에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.[개정 95·7·28]

1. "보도"라 함은 차량 및 자전거의 통행과 분리하여 보행자(소아 및 신체장애인을 의 자차를 포함한다. 이하 같다)의 통행에 사용하기 위하여 연석·울타리·노면표시기타 이와 유사한 공작물로 구별하여 설치되는 도로의 부분을 말한다.
2. 및 3. 삭제 [95·7·28]
4. "차도"라 함은 차량의 통행에 사용되는 도로의 부분(자전거도를 제외한다. 이하 같다)을 말하며 차선으로 구성한다.
5. "차선"이라 함은 1종렬의 자동차를 안전하고 원활하게 통행시키기 위하여 설치되는 띠모양의 차도의 부분을 말하며, 이 경우 차선의 수는 왕복차선을 합한 것을 말한다.
6. "오르막차선"이라 함은 상향기울기의 도로에서 설계속도보다 현저하게 저하되는 차량을 다른 차량과 분리하여 통행시키기 위하여 설치되는 차선을 말한다.
7. "회전차선"이라 함은 교차로 등에서 자동차를 좌회전 또는 우회전시키거나 백팔십도로 회전시키기 위하여 직진하는 차선과 분리하여 설치되는 차선을 말한다.
8. "변속차선"이라 함은 자동차를 가속시키거나 감속시키기 위하여 설치되는 차선을 말한다.
9. "대기차선"이라 함은 교행이 불가능한 차도에서 마주 오는 차량이 안전하고 원활하게 통행할 수 있도록 어느 한 방향의 차량을 일시적으로 대기시키기 위하여 설치되는 차선을 말한다.
10. "중앙분리대"라 함은 차선을 왕복방향별로 분리하게 하고, 측방여유를 확보하기 위하여 도로중앙부에 설치되는 띠모양의 분리대와 측대를 말한다.
11. "분리대"라 함은 차선을 왕복방향별 또는 동일방향별로 분리하기 위하여 설치되는 도로의 부분을 말한다.
12. "길어깨"라 함은 도로의 주요 구조부를 보호하거나 차도의 효용을 유지하기 위하여 보도·자전거전용도로·자전거자동차 겸용도로·차도에 접속하여 설치되는 띠모양의 도로의 부분을 말한다.
13. "측대"라 함은 자동차운전자의 시선을 유도하게 하고, 측방여유를 확보하도록 하기 위하여 차도에 접속하여 중앙분리대 또는 길어깨에 설치하는 띠모양의 부분을 말

한다.

14. "교통섬"이라 함은 차량의 안전하고 원활한 교통을 확보하거나, 보행자 또는 자전거의 안전한 도로횡단을 위하여 교차로 또는 차도의 분기점등에 설치되는 섬모양의 시설을 말한다.

15. "노상시설"이라 함은 도로의 부속물(공동구를 제외한다. 이하 같다)로서 보도·자전거이용도로·자전거자동차겸용도로·중앙분리대·길어깨 및 환경시설대등에 설치되는 시설을 말한다.

16. "계획교통량"이라 함은 계획·설계할 도로가 통과하는 지역의 발전 및 장래의 자동차교통의 상황 등을 참작하여 계획목표연도에 당해도로를 통과할 것으로 예상되는 자동차의 연평균 일일교통량을 말한다.

17. "설계시간교통량"이라 함은 도로설계의 기초로 하기 위하여 계획·설계할 도로에 대한 장래 계획목표연도의 자동차의 시간당 교통량을 말한다.

18. "설계속도"라 함은 도로설계의 기초가 되는 자동차의 속도를 말한다.

19. "정지시기"라 함은 차선(차선이 없는 경우에는 당해차도를 말한다. 이하 같다)의 중심선상 1미터 높이에서 당해차선의 중심선상에 있는 높이 0.15미터의 물체정점을 볼 수 있는 거리를 당해차선의 중심선에 따라 측정한 길이를 말한다.

20. "환경시설대"라 함은 도로연변의 환경보전을 위하여 도로바깥쪽에 설치되는 녹지대등의 시설이 설치된 지역을 말한다.

제 3 조 (설계기준차량) ① 도로를 설계함에 있어서 면도·리도 및 농도에 대하여는 중·대형 자동차(농기계류를 포함한다)가 안전하고 원활하게 통행할 수 있도록 하여야 한다. 다만, 지형상황 등을 참작하여 부득이하다고 인정하는 경우에는 농도에 대하여는 소형자동차를 대상으로 설계할 수 있다.

② 도로구조설계의 기초가 되는 자동차(이하 "설계기준차량"이라 한다)의 종별 제원은 각각 다음 표와 같다.

(단위 : 미터)

자동차종별 \ 제원	길이	폭	높이	축거	앞내민 길이	뒷내민 길이	최소회전 반경
소형자동차	4.7	1.7	2.0	2.7	0.8	1.2	6.0
중·대형 자동차	13.0	2.5	4.0	6.5	2.5	4.0	12.0

비고 1. 축거 : 앞바퀴축의 중심으로부터 뒷바퀴축의 중심까지의 거리를 말한다.

2. 앞내민길이 : 차량의 전면으로부터 앞바퀴축의 중심까지의 거리를 말한다.

3. 뒷내민길이 : 뒷바퀴축의 중심으로부터 차량의 후면까지의 거리를 말한다.

제 4 조 (설계속도) 설계속도는 도로의 구분에 따라 다음 표의 속도이상으로 한다. 다만, 지형상황 등을 참작하여 부득이하다고 인정하는 경우에는 면도와 리도는 다음 표

의 속도에서 시속 20킬로미터를 뺀 속도를 설계속도로 할 수 있다.

구분	지형	설계속도(킬로미터/시)
면도	평지	50
	산지	40
리도		40
농도		20

제 5 조 (차선 및 차도) ① 도로의 차선수는 도로의 구분에 따라 다음 표의 차선수이상으로 한다. 다만, 교차부에서 회전교통을 수용하기 위한 목적이거나 기타 필요한 경우에는 면도는 3차선 이상, 리도 및 농도는 2차선 이상으로 할 수 있다.

구분	차선수
면도	2
리도	1
농도	1

② 2차선이상인 도로의 차선평은 노면표시의 중심선에서 중심선까지로 하며, 그 폭은 3미터이상으로 한다.

③ 리도 및 농도를 1차선으로 설계할 경우의 차선평은 다음 표의 폭 이상으로 한다. 다만, 지형상황 등을 참작하여 부득이하다고 인정하는 경우에는 리도의 차선평을 4미터이상으로 할 수 있다.

구분	차선평(미터)
리도	5.0
농도	3.0

④ 제2항 및 제3항의 규정에 불구하고 회전차선의 폭은 2.75미터이상으로 할 수 있다.

제6조 (차선의 분리 등) ① 2차선(오르막차선, 회전차선 및 변속차선을 제외한다. 이하 같다)이상의 도로(대향차선을 설치하지 아니하는 도로를 제외한다)에는 차선을 왕복방향별로 분리하기 위하여 중앙분리대를 설치하거나 또는 노면표시를 하여야 한다.

② 중앙분리대의 폭은 1미터 이상으로 한다.

③ 중앙분리대의 분리대는 연석 기타 이와 유사한 공작물로 차도와 구분되도록 설치하여야 한다.

④ 중앙분리대내의 측대의 폭은 0.25미터 이상으로 한다.

⑤ 중앙분리대중의 분리대에 노상시설을 설치하는 경우에 당해 중앙분리대의 폭은 제 11조의 규정에 의한 건축한계를 참작하여 정하여야 한다.

⑥ 차선을 왕복방향별로 분리하기 위하여 노면표시를 하는 경우 각 노면표시간의 간격은 0.1미터 이상으로 한다.

제 7 조 (길어깨) ① 도로에는 차도와 접속하여 차도의 우측에 길어깨를 설치하여야

한다.

② 제1항의 규정에 의한 길어깨의 폭은 도로의 구분 및 보도의 설치에 따라 다음 표의 폭 이상으로 한다. 다만, 지형상 부득이하다고 인정하는 경우에는 길어깨의 폭은 0.5미터 이상으로, 오르막차선 또는 변속차선을 설치하는 부분과 일방향 2차선 이상인 교량, 터널, 고가도로 및 지하차도의 길어깨의 폭은 0.25미터 이상으로 할 수 있다.

(단위 : 미터)

구분	보도를 설치하지 아니하는 경우	보도를 설치하는 경우
면도	1.0	0.5
리도	0.75	0.5
농도	0.5	-

③ 일방통행도로 등 분리도로의 차도 좌측에 설치하는 길어깨의 폭은 0.25미터 이상으로 한다.

④ 보도, 자전거전용도로 또는 자전거자동차겸용도로를 설치하는 도로에 있어서 주요구조부의 보호나 차도의 효용유지에 지장이 없다고 인정하는 경우에는 차도에 접속하는 길어깨의 폭을 0.25미터까지 축소할 수 있다. [개정 95·7·28]

⑤ 도로의 차도에 접속하는 길어깨에는 측대를 설치하여야 하며 측대의 폭은 0.25미터 이상으로 한다.

⑥ 도로의 주요구조부를 보호하기 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 보도, 자전거전용도로 및 자전거자동차겸용도로에 접속하여 바깥쪽으로 길어깨를 설치하여야 한다. [개정 95·7·28]

⑦ 차도에 접속하는 길어깨에 노상시설을 설치하는 경우에 당해 노상시설의 폭은 이를 길어깨의 폭에 산입하지 아니한다.

제8조 (적설지역도로의 중앙분리대 및 길어깨의 폭) 적설지역에 있는 도로의 중앙분리대 및 길어깨의 폭은 제설작업을 참작하여 정하여야 한다.

제9조 () 삭제 [95·7·28]

제10조 (보도) ① 보행자의 안전과 원활한 교통소통을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 면도와 리도에 보도를 설치할 수 있다.

② 보도의 폭은 다음 표의 폭이상으로 한다.

구분	보도의 최소폭(미터)	
	양측에 보도를 설치하는 경우	한쪽만 보도를 설치하는 경우
면도	1.0	1.5
리도	0.75	1.0

③ 보도에 노상시설을 설치하는 경우 당해 보도의 폭에 제2항의 규정에 의한 보도의 폭에 당해 노상시설이 가로수인 경우에는 0.75미터를, 기타의 시설인 경우에는 0.25미터

터를 가산한 폭으로 한다. 다만, 지형상황 등으로 인하여 부득이하다고 인정하는 경우에는 가산하지 아니한다.

제 11 조 (건축한계) 차도·보도 및 자전거전용도로·자전거보행자겸용도로의 건축한계는 별표 1과 같다. [개정 95·7·28]

제 12 조 (곡선반경) 차도의 곡선부의 곡선반경은 당해 차도의 설계속도에 따라 다음 표의 길이 이상으로 한다.

설계속도(킬로미터/시)	최소곡선반경(미터)
70	200
60	140
50	90
40	60
30	30
20	15

제13조 (곡선의 길이) 차도의 곡선부의 중심선길이(완화곡선을 사용하는 경우에는 당해 완화곡선의 길이를 원곡선부에 가산한 길이를 말한다. 이하 "곡선의 길이"라 한다)는 다음 표의 길이이상으로 한다.

설계속도 (킬로미터/시)	곡선의 최소길이	
	도로의 교각이 5도 미만인 경우	도로의 교각이 5도 이상인 경우
70	400/θ	80
60	350/θ	70
50	300/θ	60
40	250/θ	50
30	200/θ	40
20	150/θ	30

비고) θ는 도로교각의 값(도)으로 2도미만인 경우에는 2도로 한다.

제 14 조 (곡선부의 편기율기) 차도의 곡선부에는 당해 도로가 위치하는 지역의 적설정도, 당해 도로의 설계속도·곡선반경·지형상황 등을 참작하여 다음 표의 비율 이하의 편기율기를 붙여야 한다. 다만, 곡선반경의 길이에 비추어 보아 편기율기가 필요 없다고 인정하거나 지형상황으로 인하여 부득이하다고 인정하는 경우에는 편기율기를 붙이지 아니할 수 있다.

구분	최대편기율기(퍼센트)
적설한냉지역	6
기타지역	8

제 15 조 (곡선부의 확폭) 차도의 곡선부의 각 차선의 폭은 당해 곡선부의 곡선반경에 따라 다음 표의 폭만큼 폭을 늘려야 한다.

곡선반경(미터)	차선당 최소 확폭량(미터)
100이상 200미만	0.25
55이상 100미만	0.50
40이상 55미만	0.75
30이상 40미만	1.00
25이상 30미만	0.25
20이상 25미만	0.50
18이상 20미만	0.75
15이상 18미만	2.00

제 16 조 (완화구간) 도로의 곡선부에 완화구간을 설치하는 경우에는 설계속도에 따라 다음 표의 길이 이상으로 완화구간을 설치하여 편기율을 붙이거나 폭을 늘려야 한다.

설계속도(킬로미터/시)	완화구간의 최소길이(미터)
70	40
60	35
50	30
40	25
30	20
20	15

비고) 3차선 도로인 경우에는 위 표의 길이의 1.2배, 4차선이상의 도로인 경우에는 1.5배에 해당하는 길이를 완화구간의 길이로 한다.

제 17 조 (정지시기) ①도로에는 당해 도로의 설계속도에 따라 다음 표의 정지시기가 확보되도록 하여야 한다.



설계속도(킬로미터/시)	정지시거(미터)
70	110
60	85
50	65
40	45
30	30
20	20

② 대형차선이 있는 2차선도로에는 필요하다고 인정하는 경우에는 자동차의 앞지르기에 필요한 정지시거가 확보되는 구간을 두어야 한다.

제 18 조 (종단기울기) 차도의 종단기울기는 당해 도로의 설계속도와 지형에 따라 다음 표의 표준비율 이하로 하여야 한다. 다만, 지형상황 등으로 인하여 부득이하다고 인정하는 경우에는 부득이한 경우의 비율이하로 할 수 있다.

설계속도(킬로미터/시)	종단기울기(퍼센트)	
	표준	부득이한 경우
70	4	7
60	5	8
50	6	9
40	7	11
30	8	13
20	10	14

제 19 조 (오르막 차선) ① 면도의 구간에는 필요하다고 인정하는 경우에 오르막 차선을 설치할 수 있다. 다만, 설계속도가 시속 40킬로미터 이하인 경우에는 오르막차선을 설치하지 아니할 수 있다.

② 오르막 차선의 폭은 3미터로 하고, 본선차도에 붙여서 설치하여야 한다.

제 20 조 (종단곡선) ① 차도의 종단기울기가 변경되는 부분에는 종단곡선을 설치하여야 하며, 종단곡선의 변화비율은 당해 차도의 설계속도 및 당해 종단곡선의 형태에 따라 다음 표의 비율이상으로 한다.

설계속도(킬로미터/시)	곡선형	최소종단곡선의 변화비율 (미터/퍼센트)
70	볼록곡선	30
	오목곡선	25
60	볼록곡선	20
	오목곡선	20
50	볼록곡선	10
	오목곡선	12
40	볼록곡선	5
	오목곡선	7
30	볼록곡선	3
	오목곡선	4
20	볼록곡선	1
	오목곡선	2

② 종단곡선의 길이는 당해 도로의 설계속도에 따라 다음 표의 이상으로 한다.

설계속도(킬로미터/시)	종단곡선의 최소길이(미터)
70	60
60	50
50	40
40	35
30	25
20	20

제 21 조 (횡단기울기) ① 편기울기를 붙이는 구간을 제외한 차도와 길어깨 및 중앙 분리대(분리대를 제외한다)에는 노면의 종류에 따라 다음 표의 비율에 의한 횡단기울기를 두어야 한다.

노면의 종류	횡단기울기(퍼센트)
아스팔트 및 시멘트콘크리트포장도로	1.5이상 2.0이하
간이포장도로	2.0이상 4.0이하
비포장도로	3.0이상 6.0이하

② 보도 또는 자전거도등에는 특별한 경우를 제외하고는 2퍼센트의 횡단기울기를 두어야 한다.

제 22 조 (포장) ① 차도·자전거도등·측대·차도에 접속하는 길어깨·보도 등은 포장하여야 한다. 다만, 교통량이 적거나 기타 특별한 사유로 인하여 포장을 할 필요가 없다고 인정하는 경우에는 그러하지 아니하다.

② 포장은 아스팔트콘크리트포장 또는 시멘트콘크리트포장으로 하고, 계획교통량·자동차의 중량·노상의 지지력·기상상황·경제성 등을 고려하여 포장구조를 결정하여야 한다.

다. 다만, 교통량이 적거나 기타 특별한 사정이 있는 경우에는 아스팔트콘크리트포장 또는 시멘트콘크리트포장외의 다른 포장 구조로 할 수 있다.

제 23 조 (배수시설) 도로에는 필요하다고 인정되는 경우에는 측구 또는 기타 적당한 배수시설을 설치하여야 한다.

제24조 (평면교차 또는 접속) ① 도로가 동일 장소에서 동일평면으로 교차하는 경우에는 4갈래 이하를 원칙으로 한다.

② 도로가 동일평면에서 교차하거나 접속하는 경우에는 필요에 따라 회전차선·변속차선 또는 교통섬을 설치하고, 가각부를 곡선으로 정리하여 적당한 정지시기와 교통안전이 확보되도록 하여야 한다.

③ 회전차선 및 변속차선을 설치하는 경우에는 당해 도로의 설계속도에 따라 적절한 속도 변이구간을 설치하여야 한다.

제 25 조 (입체교차) ① 도로의 교통상황 또는 지형상황 등으로 인하여 입체교차가 필요한 경우 당해 교차방식은 입체교차로 하여야 한다.

② 도로를 입체교차로 하는 경우에 필요하다고 인정하는 때에는 교차도로를 서로 연결하는 도로(이하 "연결로"라 한다)를 설치하여야 한다.

③ 연결로에 대하여는 제4조 내지 제7조, 제11조, 제12조, 제14조, 제16조 내지 제18조 및 제20조의 규정은 이를 적용하지 아니한다.

제 26 조 (철도 등과의 평면교차) ① 도로와 철도 또는 삭도·궤도사업법에 의한 궤도(이하 "철도 등"이라 한다)와의 교차는 입체교차로 한다. 다만, 교통상황 또는 지형상황 등으로 인하여 부득이하다고 인정하는 경우에는 그러하지 아니하다.

② 도로가 철도등과 동일한 평면에서 교차하는 경우에는 당해도로는 다음 각 호의 구조로 하여야 한다.

1. 교차각은 45도 이상으로 한다.
2. 건널목의 양측에서 각각 30미터 이내의 구간(건널목부분을 포함한다)은 직선으로 하고, 그 구간의 도로의 종단기울기는 2.5퍼센트 이하로 한다. 다만, 자동차 교통량이 적거나 지형상황 등으로 인하여 부득이하다고 인정하는 경우에는 그러하지 아니한다.
3. 가시구간의 길이(건널목 전방 5미터 지점의 도로 중심선상 1미터 높이에서 가장 멀리 떨어진 선로의 중심선을 볼 수 있는 곳까지의 길이를 선로방향으로 측정한 길이를 말한다)는 건널목에서 철도 등의 차량의 최고속도에 따라 다음 표의 길이 이상으로 한다. 다만, 건널목차단기 기타 보안설비가 설치되는 부분이나 자동차 교통량과 철도 등의 운행횟수가 적은 부분에 있어서는 그러하지 아니하다.

건널목에서의 철도 등의 차량 최고속도 (킬로미터/시)	가시구간의 최소길이(미터)
50미만	110
50이상 70미만	160
70이상 80미만	200
80이상 90미만	230
90이상 100미만	260
100이상 110미만	300
110이상	350

제 27 조 (대기차선) ① 1차선 도로에는 필요하다고 인정하는 경우에는 일정한 지점 또는 구간에 대기차선을 설치하여야 한다.

② 제5조 제3항의 규정에 불구하고 대기차선의 폭은 2.75미터 이상으로 한다.

제 28 조 (교통안전시설 등) ① 교통의 원활한 소통과 교통사고의 방지를 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 횡단보도육교(지하횡단보도를 포함한다)·방호울타리·조명 시설·표지판 ·시선유도시설·도로반사경·표지병·긴급제 동시설·충격흡수시설·과속방지시설 등의 교통안전시설 등을 설치하여야 한다.

② 교통안전시설 등은 신체장애인들의 통행편의를 참작하여 설치하거나, 신체장애인 등을 위한 별도의 시설을 하여야 한다. 다만, 교통상황 또는 지형상황 등으로 인하여 부득이하다고 인정하는 경우에는 그러하지 아니하다.

제 29 조 (이용자 편의시설) 안전하고 원활한 교통의 확보 또는 공중의 편의를 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 도로에 주차장·휴게시설·버스정류시설·비상주차 대·기타 이와 유사한 시설을 설치할 수 있다.

제 30 조 (방호시설) 낙석·붕괴·파랑 등으로 인하여 교통에 지장을 주거나 도로구조에 손상을 줄 우려가 있는 부분에는 방호울타리·옹벽 기타 적당한 방호시설을 설치하여야 한다.

제 31 조 (터널) 터널에는 안전하고 원활한 교통의 확보를 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 당해 도로의 계획교통량·설계속도 및 터널의 길이를 참작하여 환기시설 및 조명시설과 통신시설·경보시설·소화시설 기타의 비상용 시설을 설치하여야 한다.

제 32 조 (환경시설대응) 교통량이 많은 도로연변의 주거지역, 정숙을 요하는 시설 또는 공공시설 등의 환경보존을 위하여 필요하다고 인정하는 지역에는 도로 바깥쪽에

환경시설대 또는 방음시설을 설치하여야 한다.

제 33 조 (교량·고가도로 등) ① 교량·고가도로 기타 이와 유사한 구조의 도로는 강구조·콘크리트구조 기타 이에 준하는 구조로 하여야 한다.

② 제1항의 규정에 의한 도로의 구조설계에 적용하는 설계기준자동차하중은 차량하중 및 차선하중으로 한다.

③ 제2항의 규정에 의한 차량하중 및 차선하중의 기준은 별표 2와 같다.

제 34 조 (부대공사 등의 특례) 이 규칙은 도로 기타시설에 관한 공사에 부대하여 일시적으로 사용할 목적으로 설치하는 도로에 관하여는 이를 적용하지 아니하거나 그 기준을 완화하여 적용할 수 있다.

## II AASHTO 설계법 소개

### 1. 개요

AASHTO설계법은 미국 주 도로교통공무원협회(American Association of State Highway and Transportation Officials : AASHTO)에 의해 제안된 것으로 1958년부터 1961년까지 시행한 AASHTO도로시험의 결과를 근거로 한 것이다.

AASHTO설계위원회는 1962년에 중간 설계지침서를 발간하였고 1972년에 개정판을 잠정지침서로 발간하였다. AASHTO설계법은 포장의 직접적인 구조적 파괴의 개념보다는 포장파괴에 대한 도로이용자의 정의를 나타낸 것으로 어느 한 지점에서 다른 지점으로 차량교통이 안전하고 쾌적하게 이동할 수 있는 도로의 기능을 나타낸 것이다. 이러한 기능적 사항을 정량화하기 위하여 여러 가지 중요한 개념을 소개하였으며 이들은 AASHTO도로시험의 결과를 이용하였다.

AASHTO잠정지침과 1986년에 개정된 AASHTO설계지침의 차이점은

(1) 노상의 재료특성을 보다 합리적으로 규정하기 위하여 잠정지침에서 적용하고 있는 노상지지력계수(Soil support number)를 동탄성계수(Resilient modulus)로 대체하였다.

(2) 각종 포장재료의 구조층 특성을 종래의 표준계수치인 CBR 및 R치 뿐만 아니라 동탄성계수로서 정의되는 상대강도계수로 나타내었다.

(3) 설계에서 환경적인 영향은 필수적으로 고려해야하므로 환경요소인 수분과 온도에 관한 사항을 포함시켰다. 이것은 전에 사용된 지역계수 등과 같은 주관적인 항을 서비스지수에 직접·간접으로 영향을 미치는 객관적 환경인자로 대체한 것이다.

(4) 신뢰도(Liability)를 도입하여 설계자가 각 등급의 도로에 위험분석 (Risk analysis)개념을 이용할 수 있도록 하였다.

(5) 보수계획을 고려한 단계건설(Stage construction) 설계절차를 포함시켜 경제적인 포장설계가 되도록 하였다.

### 2. AASHTO설계방법

#### 가. 설계기본식

AASHTO도로시험에서 기술한 서비스능력-공용성개념을 근거로 개발된 기본방정식을 적용하여 아스팔트포장구조를 설계하는 방법이다. AASHTO설계기본식은 식 1과 같다.

$$\log(W_{8.2}) = 9.3 \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{G_t}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)}} + \log_{10}\left(\frac{1}{R_f}\right) + 0.372(SSV-3.0)$$

(1)

여기서,  $W_{8.2}$ : 설계공용기간 동안의 8.2톤(18kips) 등가단축하중의 누가통과회수

$R_t$ : 지역계수

$SSV$ : 노상지지력계수

$SN$ : 소요전체 포장층의 구조적 강도를 표시하는 포장두께지수로서 아스팔트포장의 구성각층두께와 다음과 같은 식으로 표시된다.

$$\sum aiDi$$

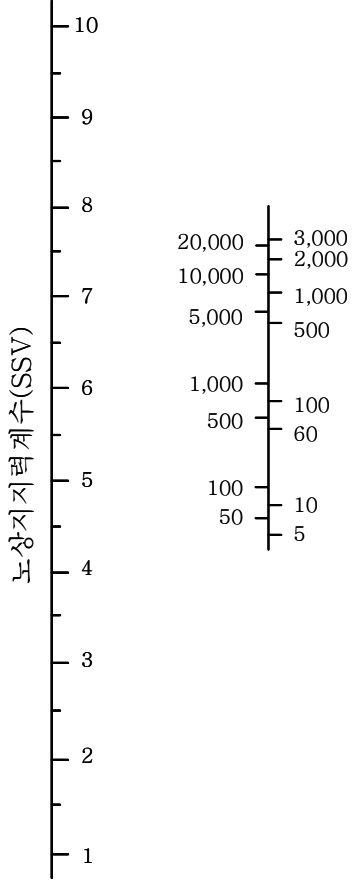
여기서,  $ai$ : i번째 층의 상대강도계수

$di$ : i번째 층의 두께(cm)

$G_t$ :  $\log_{10}(\frac{4.2-P_t}{4.2-1.5})$ 로 표시되며 임의시점(최종서비스지수( $P_t$ ))를 가지는 시점에 있어  $P_t=1.5$ 인 경우의 최대서비스능력 손실량에 대한 서비스능력의 손실량 비율을 나타내는 함수

식 1은 설계대상도로의 교통조건을 표시하는 설계기간동안의 통과되는 8.2톤 등가단축하중의 누가통과회수( $W_{8.2}$ )를 포장층의 구조적 성능을 나타내는 포장두께지수(SN), 포장이 설치되는 지역의 기후조건을 반영하는 지역계수( $R_t$ ), 초기포장구조가 소요공용기간 후 본격적 보수를 필요로 하는 시점에서 포장서비스 질을 표시하는 최종서비스지수( $P_t$ ), 포장층이 설치되는 지반의 토질 및 지지조건을 표시하는 노상지지력계수(SSV)의 함수로 표시된 경험적 방정식으로서 설계대상도로가 가지는 이들 5가지 입력조건에 대한 합리적 평가를 통하여 각각의 입력조건을 대표하는 평균치를 적용해야 한다.

그러나 식 1은 반복시산계산을 해야 하므로 이를 손쉽게 구할 수 있도록 도표(Nomograph)로 작성한 것이 그림 1, 그림 2이다. 그림 1은 중요간성 또는 고속도로이거나 초기설계년도 교통량이 1,000대/일 이상인 도로에 적용하고, 그림 2는 최종서비스지수가 2.0으로서 교통량이 작은 도로 또는 교통량이 1,000대/일 미만인 도로에 적용하는 것이 좋다.



8.2톤 단축하중 일평균통과 횟수  $W_{8,3}$ (20년 해석기간에 대하여)1

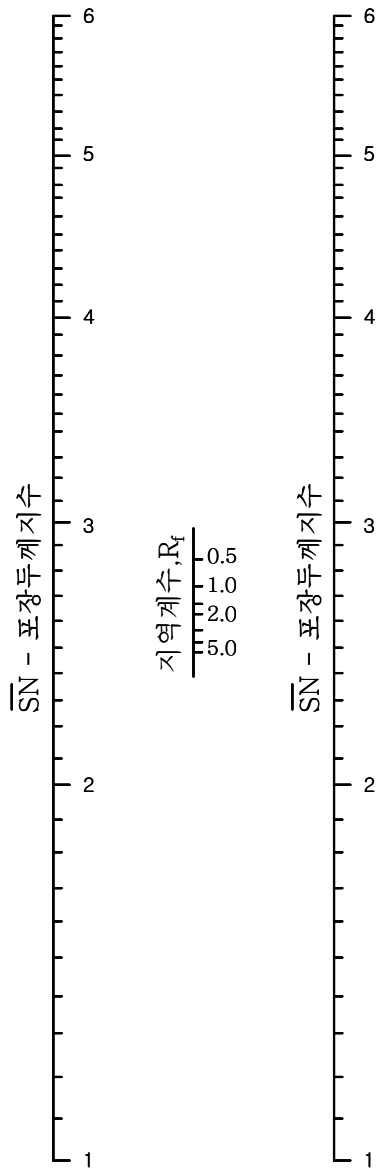
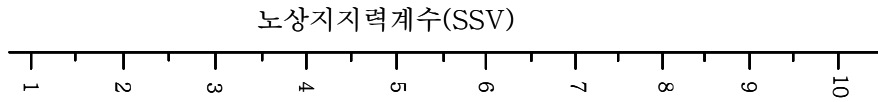
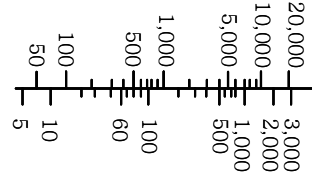


그림 1 아스팔트 포장구조 설계도표 ( $P_f=2.5$ )



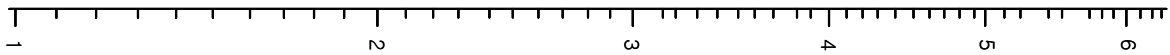


8.2톤 단축하중 누가예상통과 횟수,  $W_{8.2} \times 10^3$



8.2톤 단축하중 일평균통과 횟수  $W_{8.2}$  (20년 해석기간에 대하여)

포장두께지수(교통조건만 고려한 경우), SN



지역계수,  $R_f$

설계포장 두께지수, SN

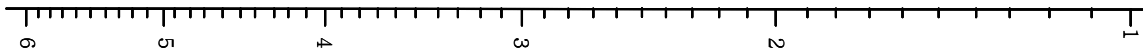
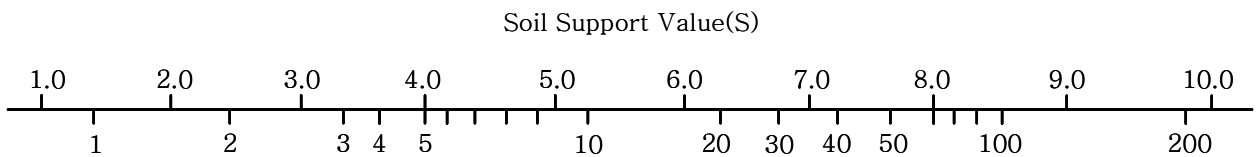


그림 2 아스팔트 포장구조 설계도표( $P_t=2.0$ )

나. 노상지지력계수

노상지지력계수 산정은 노상토의 지지강도를 나타내는 CBR, R값, 군지수, 동탄성계수와 같은 강도정수와 상관시켜서 결정해야 하며 측정노상의 지지력계수(S)를 도입하여 일반화시킨 것인데 Utah Scale 표로부터 노상지지력계수를 구한다.



CALIFORNIA BEARING RATIO(CBR)

Correlation Between Soil Support Value and, CBR,. Utah Department of Highway

다. 기준축하중 및 축하중환산계수

AASHTO포장설계에서는 모든 차량에 대하여 8.2톤 단축하중을 환산하여 공용기간

에 통과한 회수의 합계를 단축하중 환산교통량으로 하여 포장두께지수를 산정하고 있다. 그러나 8.2톤 단축하중은 차종과 적재상태에 따라 다르므로 이들에 대한 환산계수의 적용에 있어 신뢰도에 문제점이 있었으나 최근 건설부에서 우리나라의 도로종류별 서비스수준에 따른 「차종별 축하중조사 연구보고서(1988. 건설부)」에 의하면 표1, 표2와 같다.

표 1 18KIPS(8.2톤) 차종별 단축하중 환산계수

승용차	소형버스	보통버스	소형트럭	보통트럭	대형트럭	특수
0.000	0.00	0.762	0.001	0.602	2.392	2.452

(주) 농도인 경우

표 2 18KIPS(8.2톤) 차종별 단축하중 하중계수

(농도의 경우  $P_t=2.0$ )

차종		$P_t$	SN						평균
			1	2	3	4	5	6	
승용차		2.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		3.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
버스	소형2A4T	2.0	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
		2.5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
		3.0	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
	소형2A6T	2.0	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
		2.5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
		3.0	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
	보통2A4T	2.0	0.834	0.843	0.846	0.839	0.834	0.832	0.838
		2.5	0.837	0.860	0.872	0.852	0.838	0.833	0.849
		3.0	0.841	0.891	0.921	0.879	0.846	0.835	0.869
트럭	소형2A4R	2.0	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
		2.5	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004
		3.0	0.006	0.007	0.005	0.004	0.004	0.004	0.005
	보통2A6T	2.0	0.642	0.643	0.629	0.614	0.616	0.624	0.629
		2.5	0.647	0.643	0.614	0.584	0.584	0.601	0.612
		3.0	0.648	0.647	0.608	0.556	0.551	0.573	0.597
	대형3A10T	2.0	2.208	2.187	2.123	2.073	2.081	2.116	2.131
		2.5	0.205	2.161	2.034	1.932	1.946	2.012	2.048
		3.0	2.201	2.135	1.950	1.792	1.802	1.896	1.963
트랙터-세미트레일러	4A이하	2.0	1.715	1.719	1.702	1.681	1.682	1.692	1.699
		2.5	1.718	1.733	1.703	1.651	1.648	1.668	1.687
		3.0	1.723	1.764	1.736	1.632	1.611	1.638	1.684
	5A	2.0	1.832	1.840	1.827	1.801	1.796	1.804	1.817
		2.5	1.836	1.861	1.842	1.781	1.763	1.777	1.810
		3.0	1.842	1.903	1.898	1.782	1.733	1.746	1.817
	6A이상	2.0	0.765	1.799	0.827	0.812	0.788	0.773	0.794
		2.5	1.775	0.860	0.933	0.891	0.830	0.794	0.847
		3.0	1.789	0.960	1.115	1.106	0.892	0.824	0.933
트럭트레일러	5A이하	2.0	3.359	3.353	0.321	3.291	3.298	3.319	3.323
		2.5	3.359	0.351	3.289	3.222	3.232	3.273	3.288
		3.0	3.360	0.358	3.278	3.158	3.156	3.216	3.254

라. 18KIPS(8.2톤) 등가단축하중 환산교통량

교통량은 노선의 추정된 통과누가교통량으로 장래의 계획교통량을 추정한 후 8.2톤 등가단축하중으로 산정한다. 일반적으로 포장사용 개시년도와 목표연도를 결정하는데 일반도로인 경우는 20년으로 하나 농도의 경우는 15년으로 한다.

마. 설계차선 교통량 산정

포장설계에 적용되는 장래예상 혼합교통량은 대상노선의 도로계획조사에서 평가되는 장래교통수요 예측결과를 토대로 하여 기준년도에 대한 차종별 양방향 년평균 일교통량과 해석기간동안의 년도별 또는 일정기간별에 대한 차종별 증가율을 결정하고, 포장해석기간과 공용기간에 걸친 양방향 차종별 누가 교통량을 산정함으로써 결정한다. 설계차선에 대한 교통량은 다음식을 적용하여 결정한다.

$$W - D_D \times D_C \times w$$

여기서,  $W$  : 설계차선에 대한 교통량

$D_D$  : 방향분배계수, 즉 방향에 따라 8.2톤 등가단축하중(ESAL) 단위로 분배되는 교통량의 비율

$D_C$  : 차선분배계수. 한 방향이 2차선 이상일 경우 차선당의 분배비율

$w$  : 해석기간동안의 대상계획도로의 양방향 누가 8.2톤 등가단축하중

$D_D$ 계수는 대부분의 도로에서 일반적으로 0.5(50%)로 적용하나 한 방향으로 차선통행이 편중된 교통량은 많은 차선에 대한 ESAL교통량을 기준하고, 이 경우  $D_D$ 값은 차량이 많은 방향과 차량이 적은 방향에 대하여 0.3~0.7의 범위로 한다. 농도의 경우는 0.5를 적용한다.

표 3 방향분배계수

한방향 차선수	설계차선에 대한 ESAL 백분율(%)	IBRD 6차
1	100	100
2	80 ~ 100	90
3	60 ~ 80	70
4	50 ~ 75	65

표 4 8.2톤 등가단축하중(ESAL) 교통량

구분	2003년	2013년
환산교통량	$8.995 \times 10^5$	$24.415 \times 10^6$

바. 지역계수

지역계수( $R_f$ )는 포장에 설치되는 지역의 기후조건을 반영하기 위한 척도로서 노상토의 온도와 함수량의 연간 변화를 고려하는 가중평균치로서 0~5사이의 계수로 정의되며 지역계수의 값은 설계공용기간 동안의 8.2톤 단축하중 누가통과회수와 역함수의 관계로 표시된다. 지역계수값은 년중 다음과 같은 대표적 상태를 나타내는 계수를 월 단위 기준으로 연간 가중평균하여 산정한다.

- (1) 노상토가 13cm 깊이 이상 동결되는 경우 : 0.2~1.0
- (2) 노상토가 건조한 상태를 유지하는 경우(여름, 겨울) : 0.3~1.5
- (3) 노상토가 젖은 상태를 유지하는 경우(봄철 용해기) : 4.0~5.0

우리나라는 1980년 불란서 BECOM사에 의하여 수행된 Study of National And Provincial Road Test 결과의 최종보고서(1980)에서 제안한 값인 표 5를 일반적으로 사용하고 있다.

표 5. 지역계수

위치	계수
대전이남	1.5
대전이북	2.0
서울이북 또는 표고 50cm 이상	2.5

사. 서비스 지수

측정서비스지수(PSD)는 AASHTO에서 포장의 공용성평가방법으로 도입한 것으로 0~5의 값으로 구분된다. 포장직후를 5.0으로 하나 AASHTO 도로시험결과 아스팔트 포장에 대해 초기서비스 지수 값은 4.2이다. 최종서비스( $P_f$ ) 값은 주로 도로인 경우에는 2.5를 사용하며 중요하지 않은 도로에 대해서는 2.0을 적용한다. 또한 경제적인 관점에서 초기비용이 적게 소요되는 저급도로에 대해서는  $P_f=1.5$ 를 적용할 수 있으며 이와 같이 낮은 값의 최종서비스지수를 특별히 선택된 도로인 경우에만 적용하는 것이 바람직하다. 또한 개정지침에는 사용기간 후의 최종서비스지수를 얼마로 할 것인가를 설계자가 정하도록 하고 있으며 공용의 한계를 2.5, 파괴점을 1.5로 정하였다.

아. 상대강도계수

포장두께지수(SN)는 실질적인 포장구성 각층의 두께로 변환시키기 위해서는 포장각층의 재료특성을 나타내는 강도지수(CBR치, R치, 탄성계수 또는 동탄성계수)와 상관관계로부터 산정해야 한다.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \quad (2)$$

여기서,  $a_1, a_2, a_3$  : 표층, 기층, 보조기층의 각각의 상대강도계수

$D_1, D_2, D_3$  : 표층, 기층, 보조기층의 각각의 계수설계두께(cm)

그동안 국내에서 아스팔트포장 설계시 적용한 포장층 상대강도계수는 1965년 AASHTO도로시험시 설정된 계수로서 실지로 시공되는 포장층 재료의 특성과는 상관성이 적어 1990년 건설부의 「도로공사 표준시방서」에서 규정된 포장구성 각층에 사용되는 재료품질조건을 기준하여 포장 각층두께산정에 일반적으로 적용될 수 있는 상대강도계수를 표시한 것이다.

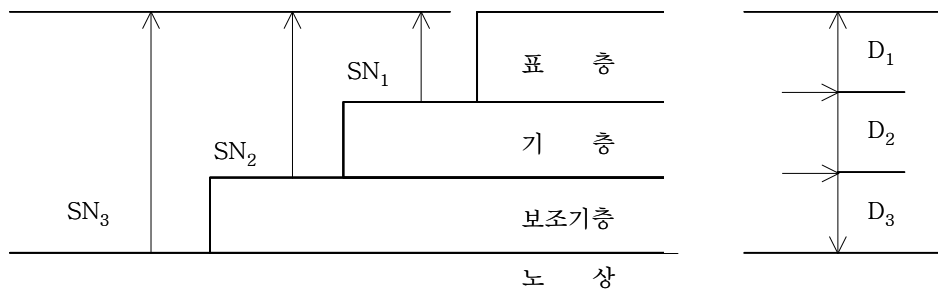
표 6. 포장재료별 대표적 상대강도계수 적용범위

재료종류	최소 강도 조건			상대 강도 계수(cm)			비고
	마찰 안정도 (MS), kg	CBR	일축압축강도 ( $\delta_1$ ), $kg/cm^2$	a1	a2	a3	
아스팔트 콘크리트 표층(AC)	≥350 500 ~ 1000 750			0.106 0.124 ~ 0.176 0.157			MS=750kg을 표준하면 좋다.
아스팔트 안정처리 기층(BTB) 시멘트 안정처리 기층(CTB) 아스팔트 포장용 콘크리트 포장용 린(Lean)콘크리트 기층	≥350		≥30 ≥20 ≥50	0.096 ~ 0.132	0.052 ~ 0.132 0.072 0.079 ~ 0.081		PI≤9
입상재료기층 석산쇄석기층 (강모래+ 쇄석자갈) 기층 선별(강모래+ 자갈) 기층		≥80			0.052 ~ 0.056 0.48 0.04 ~ 0.044		PI≤4
보조기층재료 (강모래+ Pravel) 석산쇄석보조기층 보조기층 슬래그 혼화재 안정처리 보조기층재료 슬래그+ 혼화재처리 선택층재료			30 50 70 70 90		0.034 0.048 0.050 0.052 0.048 0.048 0.032 0.032		
덧씌우기를 고려하는 경우 아스팔트표층-신 아스팔트 표층-구 콘크리트 포장-신 콘크리트 포장-구 양호한 상태 손상된 상태	750		≥175	0.157 0.096 0.020 0.016 0.08 ~ 0.14			상태가 양호한 경우

자. 층포장두께와 설계 SN 결정

아스팔트포장의 구조는 층으로 구성되므로 층별개념에 의하여 그림1에 표시된 기준에 따라서 층별 두께를 결정하여야 한다. 우선 노상면에서 필요한 SN치를 기본설계식 또는 그림1, 그림2로서 산정하고, 동일한 방법으로 각층의 상면에 적용할 수 있는 지지력 또는 강도를 이용하여 보조기층과 기층에 필요한 SN치를 산정한다. 각층에 요구되는 계산 SN치의 차이로부터 소요층의 최대허용두께를 결정할 수 있다.

예를 들면 보조기층재료의 최대허용 포장두께지수는 노상면에서 필요한 SN치의 보조기층 상면에서 필요한 SN치를 공제한 값과 같다. 이와 같은 방법으로 다른 층의 허용 SN치를 결정할 수 있고 각층의 두께는 각층의 소요재료의 상대강도계수를 고려하여 식 2, 식 3에 따라 결정한다.



$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1' = a_1 D_1 \geq SN_1$$

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1'}{a_2}$$

$$SN_1' + SN_2 \geq SN_2$$

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_1' + SN_2)}{a_3}$$

여기서,  $a_1$ ,  $D_1$ ,  $SN$ 은 최소 필요값이며  $D'SN$ '는 실제 사용되는 값을 표시한 것으로 필요값 이상이어야 한다.

그림 3 층 해석방법에 의한 포장 총두께 결정순서



[참고] 8.2톤 단축하중 환산교통량

년	소형버스	보통버스	소형트럭	보통트럭	대형트럭	특수트럭	합계	년간 10 <sup>6</sup>	누계 10 <sup>6</sup>
1994	1.2	466.3	1.7	709.8	2,463.4	116.1	3,758.5	1.3719	1.3719
1995	1.3	493.0	1.9	756.7	2,614.2	123.4	3,990.5	1.4565	2.8284
1996	1.4	521.2	2.0	806.5	2,774.6	130.6	4,236.3	1.5462	4.3746
1997	1.5	551.1	2.2	860.0	2,944.6	137.9	4,497.3	1.6415	6.0161
1998	1.6	583.3	2.3	917.1	3,124.2	145.1	4,773.6	1.7424	7.7585
1999	1.8	617.0	2.5	977.8	3,315.7	154.8	5,069.6	1.8504	9.6089
2000	1.9	652.3	2.7	1,042.7	3,519.2	164.5	5,383.3	1.9649	11.5738
2001	2.1	690.0	2.9	1,111.9	3,734.6	174.2	5,715.7	2.0862	13.6600
2002	2.2	719.9	3.0	1,167.1	3,945.3	183.8	6,021.2	2.1977	15.8577
2003	2.3	751.2	3.2	1,225.4	4,165.6	193.5	6,341.2	2.3145	18.1722
2004	2.4	783.4	3.3	1,286.1	4,400.2	203.2	6,678.6	2.4377	20.6099
2005	2.5	817.2	3.5	1,349.8	4,646.8	215.3	7,035.1	1.5678	23.1777
2006	2.6	852.5	3.7	1,417.2	4,907.7	227.4	7,411.1	2.7051	25.8828
2007	2.8	889.4	3.9	1,487.5	5,183.0	239.5	7,806.1	2.8492	28.7320
2008	2.9	927.9	4.1	1,561.4	5,472.7	254.0	8,223.0	3.0014	31.7334
2009	3.1	967.9	4.3	1,638.9	5,779.1	268.5	8,661.8	3.1616	34.8950
2010	3.2	1,009.5	4.5	1,720.7	6,102.3	283.0	9,123.2	3.33	38.2250
2011	3.4	1,053.5	4.7	1,806.0	6,444.6	300.0	9,612.2	3.5085	41.7335
2012	3.5	1,099.0	4.9	1,895.6	6,806.1	316.9	10,126.0	3.696	45.4295
2013	3.7	1,146.9	5.2	1,989.9	7,186.8	333.8	10,666.3	3.8932	49.3227

차. 동상에 대비한 포장단면 검토

본문 「4.5.4 동상방지대책」 참조

3. 결론

일정한 노상조건과 환경조건에서 하중조건에 따라 작성된 AASHO도로시험식은 그 후에 개정된 AASHO설계식의 기본이 된 것으로 이에 의해 산정된 포장두께지수 또는 포장두께는 개정된 설계식에 의한 값들의 큰값에 위치한다. 그러나 AASHO도로시험식은 시험도로 시공시 노상재료의 일정 CBR에 대하여 개발된 것이므로 CBR에 대하여 개발된 것이므로 CBR 이외의 조건이 이러하고 단지, CBR이 변화할 때의 포장두께지수는 일정한 값을 갖는다.

AASHO도로시험식에 노상 및 환경조건을 달리한 지역에서도 작용할 수 있도록 설계식을 개발한 것이 AASHTO잠정지침이며, 이 식의 신뢰성을 확립한 식이 AASHTO“86지침의 설계식이다.

AASHTO설계법의 설계식은 “86지침에 의한 식이 도로포장 구조에 영향을 미치는

인자를 가장 적합하게 고려되도록 작성되었으며 신뢰도 개념을 도입하여 설계입력에 따른 오차를 최소화 되도록 하여 보다 안전측의 설계가 되도록 한 것이다.

각 설계법에 의한 두께를 전두께 표층용 가열아스팔트 혼합물을 기준으로 하였을 때 AASHTO설계법에 의한 포장두께는 각 설계요소를 고려한 것으로서 AI설계법에 의한 두께와  $T_A$ 설계법에 의해 산정된 두께의 범위에 있으며, 이들 3가지 설계법에 의한 값중 최대값을 나타내는 AI설계법보다 약간 작은 값으로 안전측으로 설계되고, 각 층 구성을 기준으로 한 비교에서는 다른 설계법에 의한 층 구성보다 가장 균형있는 층 구성을 이루고 있다.

또한 우리나라와 같이 겨울철의 동결과 봄철의 융해를 일으키는 적설한냉(積雪寒冷) 지역에서는 동결융해의 환경영향을 고려해야 하므로 각 층으로 구성된 전체포장두께가 가장 크고 경제적으로 건설될 수 있는 AASHTO설계법에 의한 설계가 적당할 것이다.

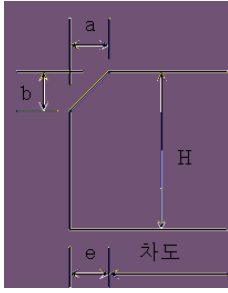
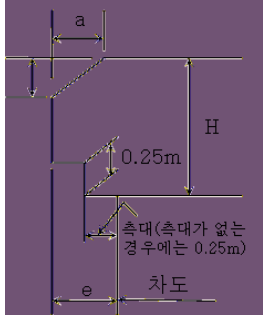
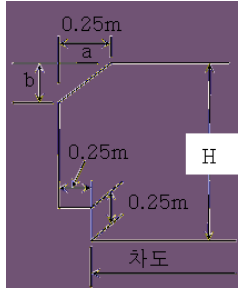
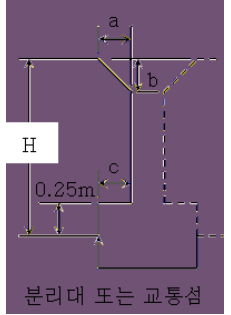
## 부 칙

- ① (시행일) 이 규칙은 공포한 날부터 시행한다.
- ② (공사시행중인 도로 등에 대한 경과조치) 이 규칙 시행당시 공사가 시행중이거나, 시행계획이 확정되어 실시설계가 진행중인 도로에 대하여는 이 규칙에 불구하고 종전의 예에 의한다.

[별표1]

### 차도 및 보도 등의 건축한계(제11조관련)

#### 1. 차도의 건축한계

접속하여 길어깨가 설치되어 있는 차도	접속하여 길어깨가 설치되어 있지 않은 도로의 차도	접속하여 길어깨가 설치되어 있지 않은 도로의 차도	차도중에 분리대 또는 교통섬과 관계가 있는 부분
터널 및 길이 100미터 이상인 교량을 제외한 부분	터널 및 길이 100미터 이상인 교량	터널 및 길이 100미터 이상인 교량	터널 및 길이 100미터 이상인 교량
			

(비고) H(통과높이) : 4.5미터, 다만, 지형상황 등으로 인하여 부득이하다고 인정하는 경우에는 4.2미터(대형자동차의 교통량이 현저히 적고, 당해 도로 인근에 대형자동차가 우회할 수 있는 도로가 있는 경우에는 3미터)로 할 수 있다.

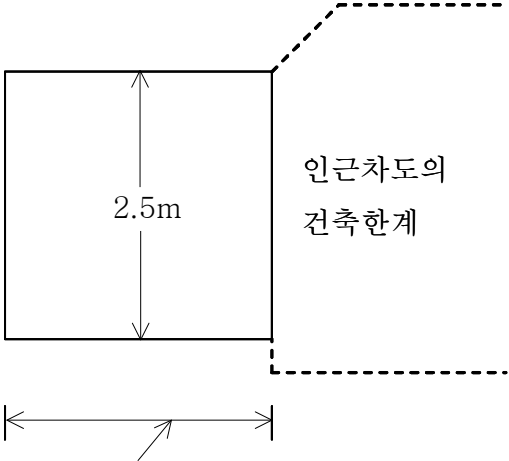
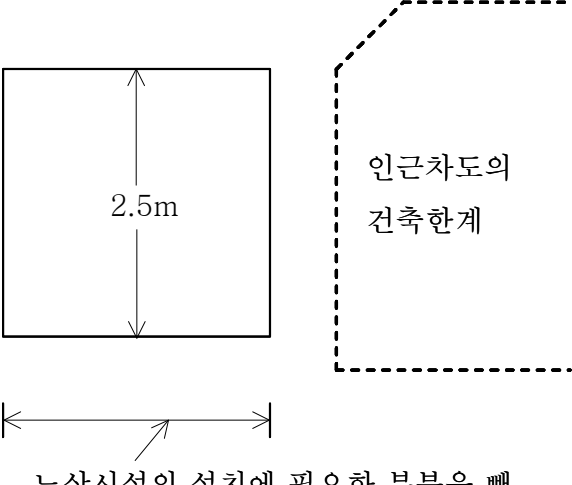
a 및 e : 차도에 접속하는 길어깨의 폭, 다만, a가 1미터를 초과하는 경우에는 1미터로 한다.

b : H(4미터미만은 경우에는 4미터)에서 4미터를 뺀 값

c : 0.25미터

d : 0.5미터

## 2. 보도 및 자전거도등의 건축한계

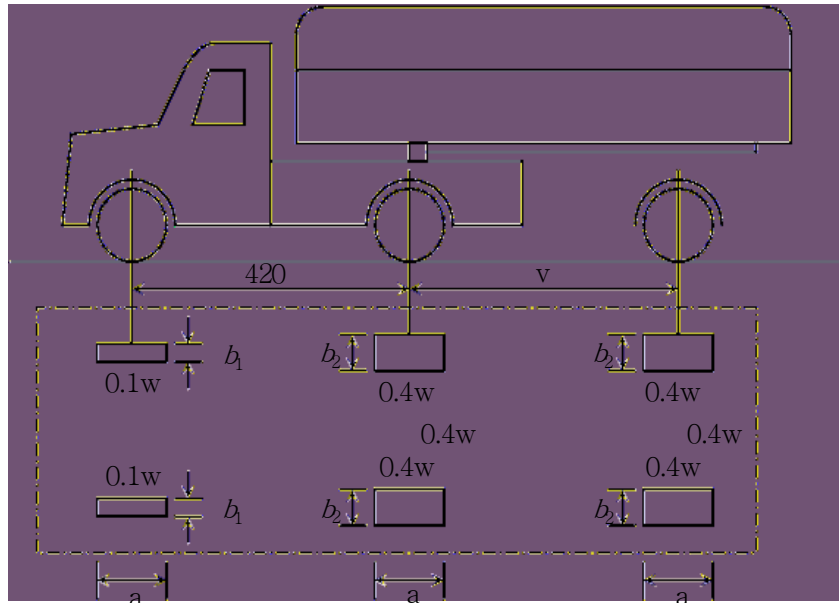
노상시설을 설치하지 아니한 보도 및 자전거도등	노상시설을 설치하는 보도 및 자전거도등
 <p data-bbox="375 571 454 616">2.5m</p> <p data-bbox="566 537 726 638">인근차도의 건축한계</p> <p data-bbox="311 862 646 907">보도 또는 자전거도등의 폭</p>	 <p data-bbox="965 548 1045 593">2.5m</p> <p data-bbox="1220 515 1380 616">인근차도의 건축한계</p> <p data-bbox="885 828 1380 929">노상시설의 설치에 필요한 부분을 뺀 보도 또는 자전거도등의 폭</p>

[별표2]

설계기준 자동차하중의 기준(제33조 제3항과 관련)

1. 차량하중(DB)의 기준

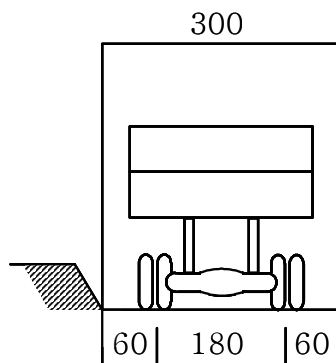
가. 차량의 크기



(비고)

1.  $V$ 는 420센티미터 내지 900센티미터로 최대응력을 생기게 하는 길이이다.
2.  $W$ 는 설계기준자동차의 전륜축과 중륜축을 합한 하중이다.
3. 길이의 단위는 센티미터이다.

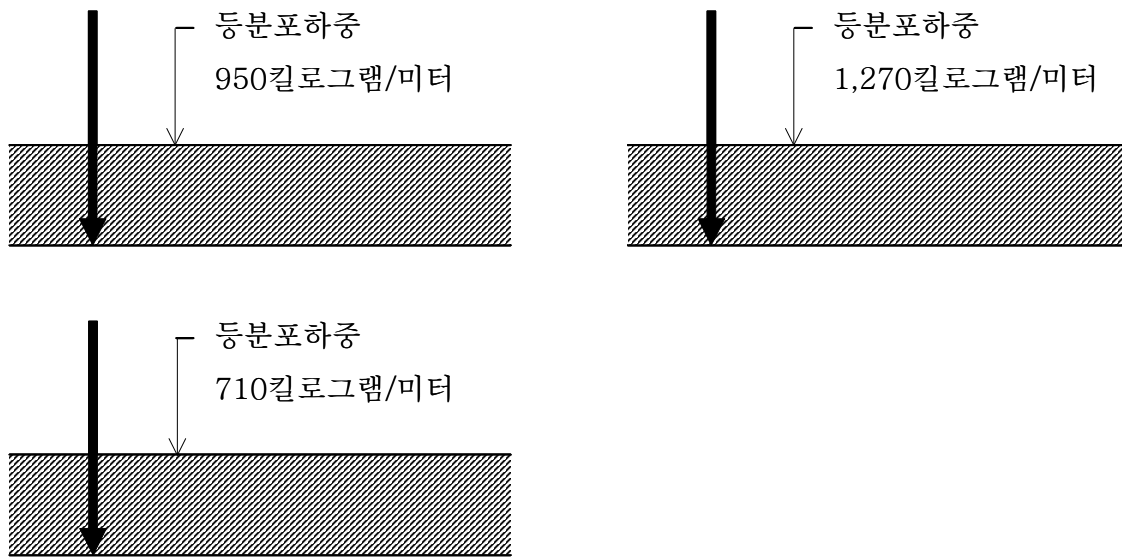
나. 차량의 점유폭



다. 차량하중(DB)의 크기

하중	총중량 (톤)	전륜하중 (킬로그램)	중륜하중 (킬로그램)	후륜하중 (킬로그램)	$b_1$ 전륜폭 (센티미터)	$b_2$ 중후륜폭 (센티미터)	a차륜접지 폭
DB-24	43.2	2,400	9,600	9,600	12.5	50	20
DB-18	32.4	1,800	7,200	7,200	12.5	50	20
DB-13.5	24.3	1,350	5,400	5,400	12.5	50	20

2. 차선하중(DL)의 기준



3. 적용기준

하중의 적용기준에 당해 도로 통과 차량의 크기 및 교통량에 따라 차량하중(DB)-24, 차량하중(DB)-18 또는 이들에 준하는 차선하중(DL)으로 한다. 다만, 농도의 경우 차량하중(DB)-13.5 또는 이에 준하는 차선하중(DL)으로 할 수도 있다.