KDS 47 00 00 철도 설계기준

설계기준 Korean Design Standard

KDS 47 10 25 : 2021

# 흙구조물

2021년 4월 12일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

**건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치**

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

# 건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

- 이 기준은 기존의 철도에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

| 건설기준 | 주요내용 | 제정 또는 개정 (년.월) |
|---|---|---|
| 철도설계기준(철도교편) | • 철도설계기준(철도교편)을 제정 | 제정 (1999.7) |
| 철도설계기준(노반편) | • 국제흐름에 부응하기 위해 단위체계를 국제단위계인 SI단위로 통일하여 반영, 미비사항을 보완하여 안전한 구조물이 되도록 함 | 개정 (2004.12) |
| 철도설계기준(노반편) | • 철도노반공사의 총괄적인 시행기준과 총 6편으로 구성되어 설계에 필요한 일반적인 기준을 가급적 쉽게 이해하도록 서술 | 제정 (2001.12) |
| 철도설계기준(노반편) | • 땅깎기, 흙쌓기, 비탈면보호공, 본선부속을 다루었으며, 특히 보강토공법을 수록 | 개정 (2004.12) |
| 철도설계기준(노반편) | • 일반철도와 고속철도를 구분하여 상·하부 노반깊이 정의하고, 배수시설의 상세 내용은 편람에 수록하고 설계기준에서는 삭제<br>• 궤도형식에 따라 일반철도와 고속철도 설계기준을 통합 | 개정 (2011.5) |
| 철도설계기준(노반편) | • 신기술·신공법 기준 마련 등 기술적 환경변화에 대응하기 위하여 관련 법규 및 규정의 폐지, 신설 및 개정내용 과 설계기준 개정 내용 반영, 기술적 환경변화 대응을 위한 기준을 마련 | 개정 (2011.12) |

| 건설기준 | 주요내용 | 제정 또는 개정 (년.월) |
|---|---|---|
| 철도설계기준(노반편) | • 건설공사 비탈면 설계기준(국토교통부, 2011) 개정내용 반영<br>• 다짐관리 방법 일원화 및 현장품질관리 시험빈도 변경, 상하부노반의 다짐도 품질기준, 현장품질관리 항목, 시험빈도를 통일<br>• 강화노반층 단일화 및 강화노반두께를 열차의 속도에 따라 제시, 깎기 비탈면 안전율에 관한 건설공사 비탈면 설계기준(국토해양부, 2011) 개정내용 반영 | 개정 (2013.11) |
| 철도설계기준(노반편) | • 도로 동상방지층 설계지침(국토해양부, 2012) 동결깊이 산정식 반영<br>• 쌓기 비탈면 안전율(장기), 깎기 비탈면 기울기(풍화암), 깎기 비탈면 안전율(단기)의 건설공사 비탈면 설계기준(국토교통부, 2011) 개정내용을 반영<br>• 도로 구조령, 농어촌 도로 구조령에서 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙의 관계법령 명칭을 변경<br>• 시공성 및 경제성 등을 고려하여 현장여건 반영 | 개정 (2015.12) |
| KDS 47 10 25 : 2016 | • 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함 | 제정 (2016.6) |
| KDS 47 10 25 : 2019 | • 철도 건설기준 적합성평가에 의해 코드를 정비함 | 개정 (2019.04) |
| KDS 47 10 25 : 2021 | • 시멘트처리된 자갈에 대한 설계강도정수와 교대재료군의 확대, 동평판재하시험법의 도입 및 시험빈도 제시 | 개정 (2021.4) |


제　　정 : 2016년 6월 30일　　개　　정 : 2021년 4월 12일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회　　자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 철도건설과
관련단체 : 국가철도공단　　작성기관 : 한국철도기술연구원

# 목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 1
3. 재료 ····· 1
4. 설계 ····· 1
4.1 흙구조물 설계일반 ····· 1
4.2 쌓기 ····· 5
4.3 깎기 ····· 19
4.4 연약지반 ····· 24
4.5 본선부속 ····· 25

# 1. 일반사항

## 1.1 목적

(1) 이 기준은 철도분야 흙 구조물에 대하여 시설물의 조사, 계획, 설계, 시공, 유지관리에 필요한 기술적 사항을 제시하는 것을 목적으로 한다.

## 1.2 적용범위

(1) 이 기준은 고속철도 및 일반철도의 선로건조물로서 흙구조물을 신설하는 경우 깎기, 쌓기, 연약지반, 본선부속의 설계에 적용한다.
(2) 이 기준은 설계, 시공방법 및 현장조건(토질, 지형, 재료 등)이 일반적이고 보편적인 경우로써 공통적으로 적용할 수 있는 사항에 대하여 규정한 것이다.
(3) 이 기준에 기재되지 않은 사항은 별도로 정하여 설계할 수 있다.
(4) 이 설계기준에서 따르지 않는 규정은 KDS 11 10 00, KDS 11 30 00을 따른다.

## 1.3 참고 기준

내용 없음

## 1.4 용어의 정의

내용 없음

## 1.5 기호의 정의

내용 없음

# 2. 조사 및 계획

내용 없음

# 3. 재료

내용 없음

# 4. 설계

## 4.1 흙구조물

### 4.1.1 흙구조물 설계일반

(1) 흙구조물의 기능
① 흙구조물은 열차가 안전하게 주행하기 위해 궤도를 견고하게 지지해야 한다.
② 흙구조물은 적당한 탄성을 가지고 궤도를 지지해야 한다.

③ 흙구조물은 원지반의 연약화를 방지해야 한다.

④ 흙구조물은 배수기울기를 두어 우기 시 신속하게 자연배수 되도록 해야 하며, 흙구조물의 배수와 관련한 설계는 KDS 47 10 30을 따른다.

(2) 흙구조물의 시공기면 폭 및 횡단기울기

① 흙구조물의 시공기면 폭은 열차하중의 분산범위, 노반의 차수성, 시공기면의 배수성, 시공성 등을 고려하여 설계한다.

② 흙구조물의 시공기면 폭은 철도건설규칙에 따라 직선구간과 곡선구간으로 구분한다.

③ 깎기 구간의 시공기면 폭은 본선수로 또는 측구에 접속하는 위치까지로 하고 옹벽이나 본선수로 콘크리트 등 본선부속구조물을 설치할 때에는 구축물이 접속하는 위치까지로 한다.

④ 시공기면의 횡단기울기는 우기 시 배수를 위해 시공기면 폭중심에서 선로횡단 측구방향으로 3%의 기울기로 한다.

⑤ 쌓기 구간의 시공기면 폭은 본선부속구조물을 설치할 때에 구조물이 접속하는 위치까지로 한다.

⑥ 전철일 경우 선로중심에서 시공기면 폭은 철도건설규칙 등 관계규정에 의하여 4.0 m 이상으로 한다.

⑦ 복선전철인 경우는 흙구조물 시공기면의 폭은 철도건설규칙에 의하여 설계해야 한다.

⑧ 쌓기 구간의 시공기면 폭은 침하에 대한 여유폭 등을 고려해야 한다.

### 4.1.2 흙구조물의 설계하중

(1) 설계하중의 크기는 KDS 47 10 45의 하중을 적용한다. 다만 특정차량을 운전하는 선로에서는 그 차량의 중량 및 통과 빈도 등을 고려하여 활하중을 정할 수 있다.

(2) 고정하중의 산출에 사용되는 재료의 중량은 표 4.1-1~표 4.1-3의 값으로 하며, 실제중량을 측정한 것은 그 값을 사용해야 한다.

표4.1-1 재료단위체적중량(단위:$kN/m^3$)

| 재료 | 단위체적중량 | 재료 | 단위체적중량 | 재료 | 단위체적중량 |
|---|---|---|---|---|---|
| 강재 | 77 | 목재 | 8 | 역청포장 | 23 |
| 주철 | 71 | 석재 | 26 | 석괴포장 | 26 |
| 철근, PS콘크리트 | 24.5 | 도상자갈 | 19 | 보통벽돌 쌓기 | 20 |
| 콘크리트 | 23 | 고로슬래그 부순돌 | 15 | 하수 | 10.5 |
| 시멘트, 모르타르 | 21 | 방수용역청재 | 11 | 해수 | 10.3 |

표 4.1-2 사질토의 단위체적중량 (단위 : $kN/m^3$)

| 밀도상태 | 매우느슨함 | 느슨함 | 중간상태 | 조밀함 | 매우조밀함 |
|---|---|---|---|---|---|
| N값 | 4 이하 | 4 ~ 10 | 10 ~ 30 | 30 ~ 50 | 50 이상 |
| 단위 체적 중량 | 11 ~ 16 | 14 ~ 18 | 17 ~ 20 | 17 ~ 22 | 20 ~ 23 |

주) 사질토의 단위체적중량은 실내시험 결과를 우선으로 하며, 그 결과가 없을 경우 사용한다. 또한 이 표에서 N값은 참고용이므로 설계값으로 사용해서는 안 된다.

표 4.1-3 점성토의 단위체적중량 (단위 : $kN/m^3$)

| 컨시스턴시 | 매우연약함 (verysoft) | 연약함 (soft) | 중간상태 (mediumstiff) | 견고함 (stiff) | 매우견고함 (verystiff) | 고결 (hard) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N값 | 2 이하 | 2 ~ 4 | 4 ~ 8 | 8 ~ 15 | 15 ~ 30 | 30 이상 |
| 일축압축강도 qu, ($kN/m^2$) | 25 이하 | 25 ~ 50 | 50 ~ 100 | 100 ~ 200 | 200 ~ 400 | 400 이상 |
| 단위체적중량 | 11 ~ 19 | | 17 ~ 20 | 17 ~ 22 | | |

주) 점성토의 단위체적중량은 실내시험 결과를 우선으로 하며, 그 결과가 없을 경우 사용한다. 또한 이 표에서 N값과 일축압축강도값은 참고용이므로 설계값으로 사용해서는 안 된다.

### 4.1.3 암반상의 흙구조물

(1) 연암 및 취약암에 물이 있을 경우 반복 하중을 받거나 또는 건습의 반복으로 노반이 매우 약해지기 때문에 강화노반 구조로 설계한다.

(2) 연암과 취약암이 극도로 약해지는 원인은 비화(slaking) 및 팽윤(swelling) 작용 등이며 이러한 작용을 방지하기 위해 물의 침입 방지와 건습의 반복을 받지 않도록 배수가 원활하도록 하여야 하며 암반의 온도 변화가 적게 0.5 m 정도의 피복을 설치해야 한다.

(3) 암반상의 노반면은 암반이 비화, 팽윤작용 등을 받기 전의 양호한 상태를 기준하고 있으므로 절취 후, 장기간 경과된 후에 노반공을 시공하는 경우는 비화 및 팽윤작용을 받은 부분을 제거하도록 하며 시공 중에도 배수에 충분히 주의하여 설계한다.

### 4.1.4 흙구조물 동상대책

(1) 원지반 또는 동상이 발생할 수 있는 토질로 구성된 노반의 경우에는 동결깊이까지 동상이 발생하지 않는 재료로 치환해야 하며 횡단구조물 상부에 위치한 노반의 경우 구조물 내부로 통과한 냉기류로 인한 동상에 대하여 대책을 마련해야 한다.

(2) 최대동결깊이는 식 (4.1-1)에 의해 추정할 수 있으나 필요한 경우에는 조사공을 설치하여 실측자료로 설계하거나 해당 지역의 최신 기상청 자료를 인용하여 적용한다.

$$Z = C \cdot \sqrt{F} \qquad (4.1\text{-}1)$$

여기에서, Z : 최대동결깊이(mm)

C : 동결지수에 따른 보정상수, 표 4.1-4 참조

F : 20년 설계동결지수(℃ · 일), 표 4.1-5 참조

표 4.1-4 동결지수에 따른 보정상수(C)

| 설계동결지수(F) (℃ · 일) | 0이상 100미만 | 100이상 200미만 | 200이상 300미만 | 300이상 400미만 | 400이상 500미만 | 500이상 600미만 | 600이상 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 동결지수에 따른 보정상수(C) | 27.3 | 30.2 | 35.6 | 42.1 | 48.1 | 53.0 | 59.1 |

표 4.1-5 20년 설계동결지수

| 지역 | 측후소 지반고(m) | 동결지수 (℃ · 일) | 동결기간 (일) | 지역 | 측후소 지반고(m) | 동결지수 (℃ · 일) | 동결기간 (일) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 속초 | 17.6 | 102.1 | 46.5 | 합천 | 32.1 | 109.8 | 49.0 |
| 대관령 | 842.0 | 697.0 | 121.5 | 거창 | 224.9 | 188.7 | 67.5 |
| 춘천 | 74.0 | 418.0 | 73.5 | 영천 | 91.3 | 127.3 | 39.0 |
| 강릉 | 26.0 | 85.2 | 31.0 | 구미 | 45.5 | 132.0 | 57.5 |
| 서울 | 85.5 | 278.9 | 68.0 | 의성 | 73.0 | 331.0 | 87.5 |
| 인천 | 68.9 | 203.4 | 55.5 | 영덕 | 40.5 | 72.6 | 29.5 |
| 원주 | 149.8 | 340.9 | 84.5 | 문경 | 172.1 | 212.5 | 69.0 |
| 울릉도 | 221.1 | 117.1 | 23.0 | 영주 | 208.0 | 246.8 | 79.5 |
| 수원 | 36.9 | 272.4 | 66.0 | 성산포 | 17.5 | 0 | 0 |
| 충주 | 69.4 | 350.4 | 88.5 | 고흥 | 60.0 | 49.1 | 25.5 |
| 서산 | 26.4 | 195.7 | 55.0 | 해남 | 22.1 | 58.8 | 31.0 |
| 울진 | 49.5 | 65.3 | 28.5 | 장흥 | 43.0 | 63.6 | 33.5 |
| 청주 | 59.0 | 201.6 | 62.5 | 순천 | 74.0 | 117.4 | 40.5 |
| 대전 | 67.2 | 184.2 | 54.0 | 남원 | 89.6 | 224.7 | 66.0 |
| 추풍령 | 245.9 | 210.5 | 69.0 | 정읍 | 40.5 | 138.7 | 61.0 |
| 포항 | 2.5 | 57.6 | 27.0 | 임실 | 244.0 | 318.4 | 75.0 |
| 군산 | 26.3 | 139.0 | 61.0 | 부안 | 7.0 | 142.6 | 61.5 |
| 대구 | 57.8 | 72.0 | 30.5 | 금산 | 170.7 | 283.7 | 74.5 |
| 전주 | 51.2 | 95.8 | 46.0 | 부여 | 16.0 | 204.0 | 66.0 |
| 울산 | 31.5 | 59.5 | 27.0 | 보령 | 15.1 | 141.6 | 61.5 |
| 광주 | 73.9 | 82.5 | 38.0 | 아산 | 24.5 | 248.1 | 66.5 |
| 부산 | 69.2 | 53.2 | 5.0 | 보은 | 170.0 | 366.0 | 87.5 |
| 통영 | 25.0 | 43.2 | 19.0 | 제천 | 264.4 | 489.9 | 89.5 |

| 지역 | 측후소 지반고(m) | 동결지수 (℃・일) | 동결기간 (일) | 지역 | 측후소 지반고(m) | 동결지수 (℃・일) | 동결기간 (일) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 목포 | 36.5 | 51.6 | 20.0 | 홍천 | 141.0 | 464.3 | 89.0 |
| 여수 | 67.0 | 52.5 | 4.0 | 인제 | 199.7 | 475.3 | 96.5 |
| 완도 | 37.5 | 42.2 | 26.0 | 이천 | 68.5 | 356.7 | 69.5 |
| 제주 | 22.0 | 0 | 0 | 양평 | 49.0 | 381.5 | 87.0 |
| 남해 | 49.8 | 45.3 | 20.0 | 강화 | 46.4 | 355.2 | 68.0 |
| 거제 | 41.5 | 39.3 | 4.0 | 진주 | 21.5 | 83.2 | 39.0 |
| 산청 | 141.8 | 72.3 | 31.5 | 서귀포 | 51.9 | 0 | 0 |
| 밀양 | 12.5 | 93.2 | 38.5 | 철원 | 154.9 | 522.6 | 81.0 |
| 동해 | 40.0 | 67.8 | 42.0 | 봉화 | 320.0 | 401.9 | 91.0 |
| 안동 | 140.0 | 203.4 | 60.5 | 장수 | 406.0 | 337.4 | 87.0 |
| 태백 | 713.0 | 501.5 | 111.0 | | | | |

(3) 자갈궤도에서의 동결깊이는 상부노반 상면으로 부터의 깊이이며 강화노반은 동결깊이에 포함한다.

(4) 콘크리트궤도에서의 동결깊이는 보조도상콘크리트층(Hydraulically Stabilized Base)의 양쪽 측면에 토사 또는 자갈을 포설할 경우에는 그 상면으로 부터의 깊이로 하고, 보조도상콘크리트층이 상부노반 상면 위에 있을 경우는 상부노반 상면으로 부터의 깊이로 한다.

(5) 성토구간에서 지하수위대가 쌓기 두께 내에 존재하지 않고, 쌓기용 재료가 양호할 경우 동상이 발생되지 않으므로 쌓기 높이가 2.0 m 이상인 성토구간에서는 동상방지층을 생략할 수 있다.

#### 4.1.5 부대설비

(1) 측구 및 케이블 트러프 등의 연속하는 부대설비에는 충분한 강도를 가진 덮개를 설치하고, 그 설치 위치는 노반면과 동일 평면에 또는 노반에 접하는 위치로 한다.

(2) 덮개는 노반면에 접하여 설치하고 노반표면에서의 배수가 직접 측구에 유입하도록 한다.

(3) 측구와 케이블 트러프를 병설하는 경우, 케이블 트러프로 유입된 물이 측구로 신속히 배수되도록 한다.

### 4.2 쌓기

#### 4.2.1 일반사항

(1) 쌓기 두께

① 쌓기 시 한 층의 마무리 두께는 다짐규정을 만족하는 두께로 0.3 m를 넘지 않도록 한다.

② 소요 다짐도를 만족하기 위한 적당한 한층 두께는 쌓기 재료, 다짐기계, 다짐회수 등에 따라 다르므로 실제 시공 전에 시험다짐시공에 의해 반드시 확인할 필요가 있다.

③ 쌓기 높이의 적용한계는 지지지반, 지형 및 지반지질, 지반모양, 쌓기 재료, 주변 환경조건, 건설비 및 보수비 등을 고려해서 설계해야 한다.

(2) 쌓기 재료

① 쌓기, 되메우기 및 뒤채우기에 사용할 재료는 압축성이 작고 활성도가 작은 무기질 흙이어야 하며 다짐이 쉽고 외력에 안정성을 확보해야 한다. 또한 유해한 변형이 발생하지 않는 재료를 사용한다.

② 일반철도와 고속철도 쌓기 재료는 표 4.2-1, 표 4.2-2에 적합해야 한다.

표 4.2-1 일반철도, 고속철도 쌓기 재료의 구분

| 구분 | 쌓기재료로사용가능한재료 | | | 쌓기재료로 사용할수없는 재료 |
|---|---|---|---|---|
| | 자갈궤도 | | 콘크리트궤도 | |
| | 일반철도 | 고속철도 | | |
| 상부 노반 | [A군], [B군], 안정처리된[C군] | [A군], 안정처리된[B군], 안정처리된[C군] | [A군], 안정처리된 [B군] | [D2군] 및 주[1)]의 흙 |
| 하부 노반 | [A군], [B군], [C]군, 안정처리된 [D1군] | [A군], [B군], [C군] | [A군] 안정처리된 [B군] | |

주 1) a) 벤토나이트, 산성백토, 온천여토 등의 팽창성 흙, 암
b) 사문암, 이암 등으로서 흡수 팽창에 의해 풍화가 현저한 암
c) 고유기질토 등의 압축성이 높은 흙
d) 동토

표 4.2-2 쌓기 재료의 강도정수 기준값

| 흙의종류 (통일분류법) | 재료의상태 | 건조단위체적중량 ($kN/m^3$) | 내부마찰각 (도) | 점착력 ($kN/m^2$) |
|---|---|---|---|---|
| GW, GP | 다진 것 | 20 | 40 | 0 |
| SW, SP | 입도분포가 좋은 것 | 20 | 35 | 0 |
| | 입도분포가 나쁜 것 | 19 | 30 | 0 |
| SM, SC | 다진 것 | 19 | 25 | 30 이하 |
| ML, MH, CL, CH | 다진 것 | 18 | 15 | 50 이하 |

주2) 시멘트처리된 자갈의 설계를 위한 강도정수 기준값은 건조단위중량 20kN/$m^3$, 내부마찰각 45°로 적용할 수 있다.

③ 쌓기와 구조물의 접속부 재료는 구조물 접속부에 규정된 재료의 기준을 만족해야 한다.

④ 쌓기 재료로서 고로슬래그, 탄광 또는 선광 작업 후 잔류분, 석탄회 및 기타 산업 부산물 등이 사용될 수 있다. 이때 쌓기 재료로서의 적합성과 환경에 미치는 영향 등에 대한 검토가 반드시 이루어져야 한다.

⑤ 암석 쌓기를 위한 쌓기 시험시 재료에 대한 일반사항은 다음과 같다.

가. 재료원: 본선암 유용

나. 암질 : 연암 및 경암 사용

다. 최대입경: 300 mm 이하(시험시공 후 시공성 및 경제성을 고려하여 최종적으로 결정해야 한다)

(3) 쌓기 재료의 군분류

① 쌓기의 재료는 표 4.2-3, 표 4.2-4와 같이 분류한다.

표 4.2-3 쌓기 재료의 군분류

| 군기호 | 토질 및 암질 |
|---|---|
| [A군] | GW, GP, GW-GM, GP-GM, GW-GC, GP-GC, GM, SW, SW-SM, SP-SM, SW-SC, SP-SC, 경암버력(박리성이 높은 것은 제외) |
| [B군] | GC, SP, SM, SC, 경암버력(박리성이 높은 것), 연암버력, 취약암버력([D2]군에 포함한 것은 제외) |
| [C군] | ML, CL, 유기질, 세립토를 함유한 조립토 |
| [D1군] | MH, CH, 취약암버력(점토화하고 있는 것, 시공 후 풍화가 진행하고 또는 전압에 의해 이토화한 것) |
| [D2군] | OL, OH, Pt |

주) 암석버력 및 암석질 재료의 최대입경은 300 mm로 한다.

표 4.2-4 흙쌓기 재료 요건

| 구분 | 자갈궤도 | | 콘크리트궤도 | |
|---|---|---|---|---|
| | 상부노반 | 하부노반 | 상부노반 | 하부노반 |
| 최대입경 | 100 mm 이하 | 300 mm 이하 | 100 mm 이하 | 300 mm 이하 |
| 수정CBR | 10 이상 | 2.5 이상 | 10 이상 | 2.5 이상 |
| 5 mm체(4번체) 통과율 | 25% ~ 100% | - | 25% ~ 100% | 25% ~ 100% |
| 0.08 mm체(200번체) 통과율 | 0% ~ 25% | - | 0% ~ 25% | 0% ~ 25% |
| 소성지수 | 10 이하 | - | 10 이하 | 10 이하 |

② 자갈궤도와 콘크리트궤도에 대한 흙쌓기 상부노반과 하부노반의 재료 요건은 표 4.2-5와 같다.

표 4.2-5 쌓기 비탈면의 표준기울기

| 시공기면까지의높이(H) | | 일반철도 | 고속철도 |
|---|---|---|---|
| 일반철도 | 고속철도 | | |
| H<5.0m | H < 3.0 m | 1 : 1.5 | 1 : 1.8 |
| 5.0m≤H<10.0m | 3.0 m ≤ H < 9.0 m | 1 : 1.8 | 1 : 1.8 |
| 10.0m≤H<15.0m | 9.0 m ≤ H < 15.0 m | 1 : 2.0 | 1 : 2.0 |
| H≥15.0m | H ≥ 15.0 m | 1 : 2.3 | 1 : 2.3 |

③ 세립분의 함량은 시험시공을 통하여 조정할 수 있으며, 쌓기에는 다음과 같은 재료를 사용해서는 안 된다.

가. 벤토나이트, 온천여토, 산성백토, 유기질토 등 흡수성이 크며 압축성이 큰 흙

나. 빙토, 빙설, 초목, 나무둥걸 및 다량의 부식물을 함유한 흙

다. 소요의 다짐도로 다져질 수 없을 만큼 너무 젖어 있고, 공사에 사용하기 전에 원위치에서 건조시킬 수 없는 재료

라. 액성한계 50% 이상 되는 재료, 건조단위체적중량 15 $kN/m^3$ 이하인 재료, 간극률이 42% 이상, 소성한계가 25% 이상인 흙

마. 기타 사용에 부적합한 재료

(4) 쌓기 구분

① 쌓기 형상은 그림 4.2-1과 같으며 상부노반과 하부 노반으로 구분된다.

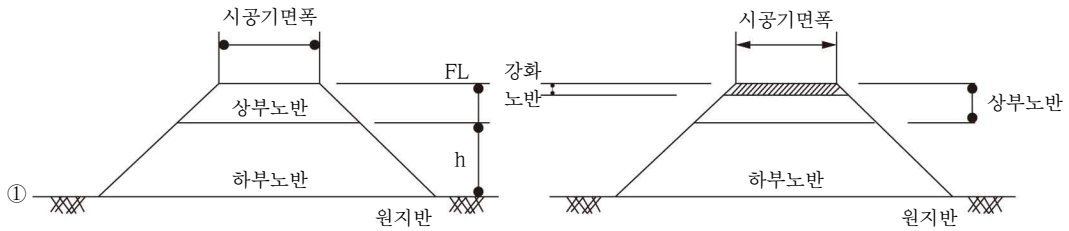



그림 4.2-1 쌓기 형상

② 쌓기의 상부노반은 시공기면으로부터 고속철도는 3.0 m, 일반철도는 1.5 m로 한다.

③ 하부노반은 상부노반 아래 부분부터 원지반까지의 쌓기 노반이다.

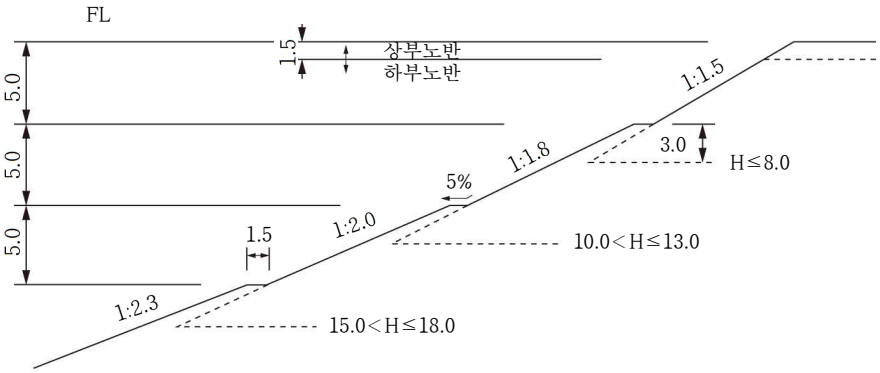
(5) 쌓기 비탈면 및 사면안정

① 쌓기 비탈면의 기울기는 표 4.2-5의 값을 표준으로 설계해야 한다.

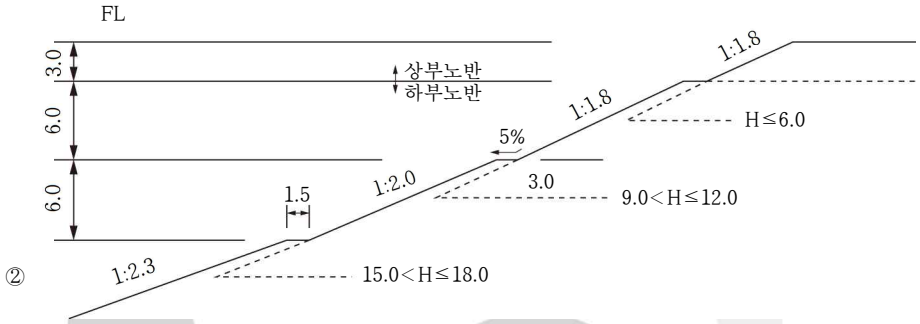
② 쌓기 비탈면의 최종 기울기는 쌓기 지지지반의 형상 및 강도 등을 고려한 사면안정을 해석하여 결정해야 하며 실제시공시 변경된 사항이 있을 경우에는 반드시 재설계를 해야 한다.

③ 소단은 일반철도의 경우 시공기면에서 매 5 m마다 설치하고, 고속철도는 상부노반 쌓기와 하부노반 쌓기의 경계에 설치하고 다음 6.0 m 높이마다 설치한다. 이때 일반철도와 고속철도의 소단 폭은 1.5 m로 하고 외측으로 향하는 5%의 횡단기울기를 둔다. 소단의 위치가 그림 4.2-2와 같이 쌓기 지지 지반면에서 3.0 m 이하인 경

우에는 그 소단을 생략한다.




(a)일반철도




(b)고속철도

그림 4.2-2 쌓기 비탈면의 표준기울기

④ 쌓기 비탈면 붕괴 시 복구가 어렵거나 시간이 많이 소요되는 대규모 쌓기 비탈면의 경우에는 내진안정해석을 해야 한다.

⑤ 쌓기 비탈면에 대한 기준안전율은 KDS 11 70 05에 따르며 표 4.2-6과 같이 적용해야 한다.

표 4.2-6 쌓기 비탈면 안전율 기준

| 구분 | | 기준안전율 | 참조 |
|---|---|---|---|
| 장기 | 건기 | Fs > 1.5 | 쌓기체 내에 지하수가 없는 것으로 해석 |
| | 우기 | Fs > 1.3 | • 지하수 조건은 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건을 적용<br>한쪽 쌓기 한쪽 깎기 비탈면에서는 상기조건에 따라 지하수위 또는 침투해석을 통한 지하수위를 이용하여 해석<br>• 쌓기 표면에 강우침투가 발생하는 경우에는 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우 지속시간 등을 고려하여 강우침투를 고려한 해석 실시 |
| | 지진시 | Fs > 1.1 | • 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용<br>• 지하수위는 우기시 조건과 동일하게 적용 |
| 단기 | | FS > 1.1 | • 기간 1년 미만의 단기간의 안정성 (시공중 포함)<br>• 지하수 조건은 장기안정성 검토의 우기시 조건과 동일하게 적용 |
| • 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우 : 별도 검토 | | | |

* 연약지반 쌓기비탈면 안정해석시 적용하는 기준안전율은 KDS 11 70 05(표 4.3-2)를 따른다.

⑥ 다짐도 품질기준 및 시험빈도

가. 상·하부노반의 다짐은 표 4.2-7에 적합해야 한다.

표 4.2-7 상・하부노반의 다짐도 품질기준

| 시험항목 | 시험방법 | 자갈・콘크리트궤도 | |
|---|---|---|---|
| | | 상부노반 | 하부노반 |
| 반복 평판재하 | DIN 18 134 | $Ev_2 \geq 80\ MN/m^2$<br>$Ev_2 / Ev_1 < 2.3$ | $Ev_2 \geq 60\ MN/m^2$<br>$Ev_2 / Ev_1 < 2.7$ |
| 다짐 | KS F 2312의 D방법 | 최대건조밀도의 95 % 이상 | 최대건조밀도의 90 % 이상 |
| 동평판 재하 | TP BF-STB Teil B 8.3 | $E_{vd} \geq 40MN/m^2$ | $E_{vd} \geq 35MN/m^2$ |

나. 다짐 시 한 층의 마무리 두께는 300 mm이며 시험시공을 통해 조정할 수 있다.

다. 상・하부노반의 현장 품질관리 항목 및 시험빈도는 표 4.2-8과 같다.

표 4.2-8 상・하부노반의 현장 품질관리 항목 및 시험빈도

| 시험항목 | 자갈・콘크리트궤도 | |
|---|---|---|
| | 시험방법 | 시험빈도 |
| 반복 평판재하 | DIN 18 134 | • 다짐 3층당, 궤도중심의 종단 50 m마다 |
| 현장밀도 | KS F 2311 | • 다짐 3층당, 궤도중심의 종단 50 m마다 |
| 다짐 | KS F 2312의 D 방법 | • 토질변화 시마다 |
| 두께 측정 | | • 1일 1회 이상 |
| 동평판 재하 | TP BF-STB Teil B 8.3 | • 다짐 1층당, 궤도중심의 종단 50m 마다 2회 |

(6) 쌓기 층두께 관리재

① 쌓기 층마다 마무리 면에 층두께 관리재를 부설할 수 있다. 그러나 쌓기 재료가 경암버력 또는 자갈인 경우에는 부설하지 않는다.

② 층두께 관리재는 요구되는 재질, 강도, 인장 변형율, 내후성 등을 만족하는지 반드시 확인하여 설계해야 한다.

(7) 쌓기와 구조물 접속부

① 쌓기가 교대나 터널, 횡단구조물에 접하는 경우에는 반드시 접속부를 설치하도록 설계해야 한다.

② 접속부 뒤채움재는 시멘트 처리된 강화노반 또는 시멘트 처리된 자갈과 동등한 재료를 사용하여 설계해야 한다.

③ 쌓기와 구조물이 접하는 부분에 분기기 설치시는 접속부를 분기기까지 연장하고 사각구조물에서는 좌우 궤도강성의 균일성을 유지하도록 설계해야 한다.

(8) 경사지 쌓기

① 원지반의 기울기가 1 : 4보다 급한 기울기를 가진 지반 위에 쌓기를 하는 경우에는 지반변형과 활동을 방지하기 위하여 원지반면을 층따기 해야 하고, 쌓기 지반과 원지반면이 밀착되도록 시공하고 한다.

② 층따기의 표준치수는 기초지반이 토사인 경우에는 최소높이 0.6 m 이상, 최소폭 1.0 m(기계 토공사 시에는 3.0 m 이상)으로 하고, 암반인 경우에는 층따기 깊이를 암표면으로부터 연직으로 최소 0.4 m로 해야 한다.

③ 기초지반에 침출수가 있는 경우에는 원지반에 접한 쌓기 부분에 투수성 재료를 사용하거나 배수층을 설치하고 비탈끝에는 쌓기가 붕괴되지 않도록 돌쌓기 등으로 설계해야 한다.

(9) 연약지반 위에 쌓기

① 쌓기 시 지지지반이 쌓기 지지지반으로서의 조건을 만족시키지 못하는 경우에는 원지반 조건이 만족하는 깊이까지 치환하거나 연약지반 처리대책으로 설계해야 한다.

② 연약지반 처리대책으로 설계할 때에는 지반특성, 시공조건, 노선 특성 등을 고려해

야 한다.

③ 연약지반 처리대책으로 설계할 때에는 지반개량 목적, 공법의 특성, 지반 조건 등을 고려하여 가장 합리적이고 경제적인 방법으로 해야 한다.

④ 연약지반 위에 쌓기는 파괴에 대한 안정성과 과다한 침하 또는 변형으로 파괴요인이 구분되며, 이를 고려하고 주변 지반에 미치는 영향에도 유의하여 설계해야 한다. 또한, 연약지반 처리에 따른 허용잔류 침하량의 크기는 일반적으로 100 mm를 기준으로 하며 해당구조물의 중요도 유지보수 비용 등을 감안하여 적용해야 한다.

⑤ 연약지반 위에 쌓기의 설계 당시에는 주어진 지반조건 및 배수조건과 관련된 설계 정수들을 정확히 추정하는 것이 어려우므로 실제 시공 시 반드시 침하 및 안정성을 확인하도록 계측기 설치 및 관리 방안을 강구해야 한다.

(10) 흙 쌓아넓히기

① 기존 쌓기 노반을 쌓기로 넓히는 경우 신설할 궤도의 넓이(또는 폭) 범위는 시공기면부터 최소 1.0 m 이상을 상부 노반재료로 치환해야 한다.

② 가설 토류벽을 이용하여 치환부를 깎기하는 경우에는 토압이나 열차하중을 고려하여 안정검토를 해야 한다.

③ 기존 쌓기 비탈면을 깎기가 어려운 경우는 기존선 열차운행에 안전한 방토설비를 해야 한다.

④ 기존 쌓기면은 신설 쌓기 마무리 두께의 2배(0.6 m) 높이로 층따기를 해야 한다.

(11) 암석 쌓기

① 암석 쌓기를 위한 재료는 연암 또는 경암이어야 하며 상부노반과 하부노반에 암반의 간극이 충분히 메워질 수 있도록 입도를 조정하여 설계해야 한다.

② 암석 쌓기를 위한 재료 및 다짐방법은 반드시 시험시공을 한 후 시공성 및 경제성을 고려하여 최종 결정해야 한다.

③ 시공기면에서 0.6 m 깊이까지는 암버력으로 하여서는 안 된다.

④ 암석 쌓기 위에 상부노반을 세립재료로 쌓는 경우에는 휠터의 역할을 충분히 할 수 있는 입상재료를 사용하여 암석쌓기 재료의 입도를 조정하여 성능을 확보할 수 있도록 설계해야 한다.

(12) 방치기간

강화노반이나 궤도가 쌓기 침하에 의하여 받는 영향을 줄이기 위하여 표 4.2-9에 표시한 방치기간을 설정해야 한다.(그림 4.2-3 참조) 또한, 침하계측 자료로부터 예측된 침하량이 허용값을 만족하지 못할 경우 대책 공법을 실시해야 한다.

표 4.2-9 쌓기의 방치기간

| 쌓기재료 / 쌓기지반 | 상, 하부쌓기에서 [A군]재료의경우 | 기타의경우 |
|---|---|---|
| 세립토 | 3 개월 이상 | 6개월 이상 |
| 상기 이외의 지반 | 1개월 이상 | 3개월 이상 |

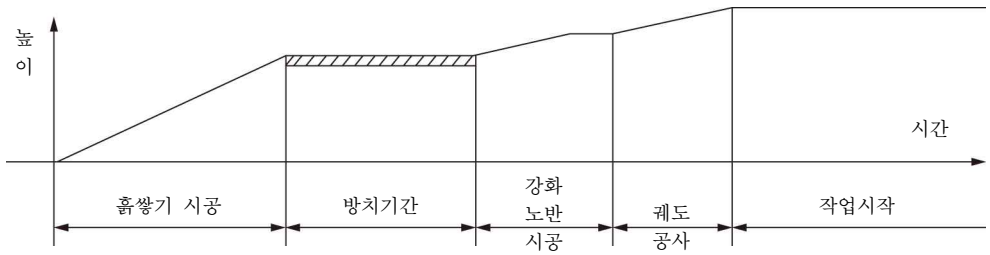



그림4.2-3방치기간

### 4.2.2 접속부 지반 처리

(1) 깎기와 쌓기의 접속부

① 노반과 궤도를 지지하는 조건이 급격하게 변화는 것을 피할 수 있게 깎기와쌓기 접속부, 교량과 토공노반 및 터널과 토공노반 접속구간은 완충구간을 설치하도록 설계해야 한다.

② 원지반면의 종단방향 경사가 1 : 1.5보다 완만하도록 원지반을 깎기해야 하며 깎기한 원지반면은 층따기를 해야 한다.

③ 현장여건상 깎기가 곤란한 경우는 쌓기부에 어프로치 블록(Approach block)을 설치하도록 설계해야 한다.

④ 깎기와 쌓기의 접속부에는 필요시 배수공을 설치해야 한다.

⑤ 특히 종단 기울기가 변화하는 변곡점부에는 노반의 연약화를 방지하기 위한 횡단배수 유도관을 설치하여 배수처리를 해야 한다.

(2) 한쪽 깎기 및 한쪽 쌓기

① 시공기면이 깎기와 쌓기에 모두 해당되는 경우에는 궤도 아래의 침목 끝 양측에 도상 두께를 더한 범위가 쌓기와 깎기의 양쪽에 모두 걸친 경우는 그 범위에 대하여 시공기면으로부터 최소 1.0 m의 깊이까지 원지반을 깎기하여 쌓기 재료로 치환해야 한다.

② 쌓기 지반이 경사져 있는 부분에는 0.6 m 높이로 층따기를 한다.

③ 상황에 따라 필요시 배수공을 설치해야 한다.

### 4.2.3 강화노반

(1) 기능 및 설계요구 조건

① 강화노반은 궤도를 충분히 견고하게 지지하는 것과 함께 궤도에 대하여 적당한 탄성을 부여하고, 강화노반 하부의 노반 연약화를 방지하도록 설계해야 한다.

② 강화노반은 상부노반이 견딜 수 있는 정도로 하중을 분산시킴과 함께 상부노반에 대한 우수의 침입을 방지하기 위해 차수의 기능을 갖도록 해야 한다.

③ 강화노반이 충분히 다짐되어 도상자갈의 관입이 발생하지 않도록 설계해야 한다.

④ 우수가 강화노반에 침투하여도 간극수압의 상승을 일으키지 않아야 한다.

(2) 구조

① 강화노반은 노반의 지지력을 확보하기 위해 상부노반 내의 윗부분에 설치된다.
② 강화노반은 궤도를 직접 지지하는 층으로 노반의 지지력을 확보하며 배수가 원활히 되도록 설치해야 하며, 동상방지의 목적으로 지역별 동결심도를 고려하여 동상영향을 평가하여 적절한 두께가 되도록 설계해야 한다.
③ 강화노반은 평지 및 깎기 구간에 필요에 따라서 강화노반 하부에 배수층을 설치한다.

(3) 강화노반 폭
① 강화노반 폭은 강화노반 표면에 배수경사를 설치한 상태에서 궤도중심으로부터 시공기면 끝단까지 설계해야 한다.
② 곡선구간은 캔트에 의해 도상하단이 넓어지므로 이를 고려하여 설계해야 한다.
③ 측구, 방음벽, 안전울타리 등은 강화노반에 접하여 설치하도록 설계해야 한다.
④ 기본사항 이외의 폭과 곁붙이기에 대한 사항은 별도의 안정성을 검토하여 설계해야 한다.

(4) 강화노반 두께
① 강화노반 두께는 궤도구조, 열차속도, 상부노반 또는 지반 특성 및 동결심도에 대해 안정하도록 설계해야 한다.
② 강화노반 두께는 표 4.2-10과 같이 열차설계속도, 도상조건 등을 고려하여 설계해야 한다.

표 4.2-10 열차속도에 따른 강화노반 두께(mm)

| 노반형상 \ 열차속도 | V ≤ 200㎞/h | 200㎞/h < V ≤ 300㎞/h | 300㎞/h < V ≤ 400㎞/h |
|---|---|---|---|
| 쌓기/깎기/평지/암반구간 (보통암 및 경암) | 200 | 300 | 400 |
| 쌓기 및 깎기 구간에서의 배수층 | KDS 47 10 30(2.3)을 따른다. | | |

③ 암반상의 강화노반은 깎기 구간 중 암반이 100 m 이상 나타날 경우 강화노반은 원칙적으로 설치하지 않는 것으로 하되, 균열 상태, 풍화 및 암반의 특성에 따라 표 4.2-11을 적용할 수 있다. 또한, 그림 4.2-4와 같이 변화구간을 두어 강성차이에 따른 침하량을 최소화해야 한다.

표 4.2-11 강화노반층 재료의 품질

| 비중 | 흡수량(%) | 마모감량(%) | 모래당량(%) | 편평세장편함유량(%) |
|---|---|---|---|---|
| 2.45 이상 | 3.0 이하 | 35 이하 | 25 이상 | 25 이하 |

단, 고로슬래그 잔골재의 흡수량은 3.5% 이하의 값을 표준으로 한다.

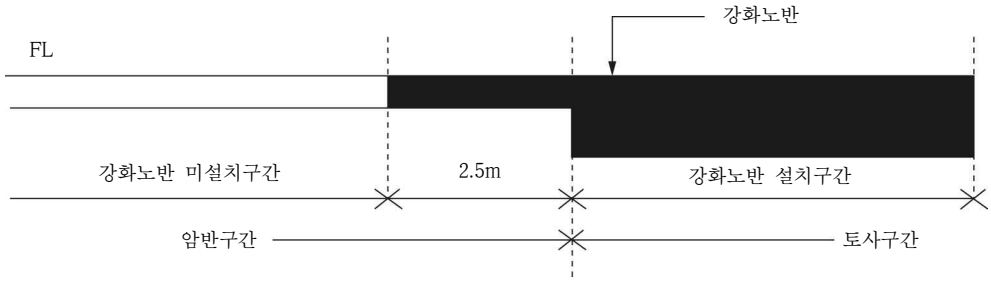



그림4.2-4변화구간

④ 특수한 노반조건인 경우는 역학적 및 경험적 설계를 통해 별도의 두께로 설계해야 한다.

⑤ 강화노반 두께가 변화하는 개소에는 열차의 인접 대차 사이의 거리만큼의 완화구간을 설정하여 두께를 변화시켜 설계해야 한다.

(5) 재료

① 강화노반 재료는 압축성이 작고 입도 분포가 양호한 재료를 사용하며, 견고하고 내구성을 가진 재료 및 공사감독자가 승인한 규정에 적합한 재료로 한다.

② 위의 재료와 다른 종류의 재료를 이용하는 경우는 지지력, 내구성 등을 검토하여 상기의 노반재료와 동등 이상의 성능을 가지는 것으로 해야 한다.

③ 혈암, 점판암, 이암, 사암 등과 같은 강도가 현저히 낮거나 박리현상이 뚜렷한 암은 사용해서는 안 된다.

④ 강화노반층 재료

가. 강화노반층은 KS F 2525(도로용 부순 골재)의 입도 조정 부순 골재(M-40, M-30, M-25)의 규정에 적합한 재료로 한다.

나. 비중, 흡수량 및 마모감량은 KS F 2503(굵은 골재의 밀도 및 흡수율 시험방법), KS F 2508(로스앤젤레스 시험기에 의한 굵은 골재의 마모 시험), KS F 2340(잔골재 및 사질토의 모래 당량 시험방법), KS F 2575(굵은골재 중 편장석 함유량 시험방법)에 의해서 시험하고 표 4.2-11에 적합한 것으로 한다.

다. 소성지수는 KS F 2303(흙의 액성 한계 · 소성 한계 시험 방법)에 의해서 시험하고 비소성(NP: Non Plastic)이어야 한다.

라. 함수량은 다짐할 때에 소요 밀도가 확실히 얻어지는 범위의 것이어야 한다.

마. 입도는 KS F 2502(굵은 골재 및 잔골재의 체가름 시험방법), KS F 2511(골재에 포함된 잔 입자 (0.08 mm 체를 통과하는) 시험 방법)에 의해 시험하고, 표 4.2-12에 적합한 것으로 한다.

표 4.2-12 강화노반층 재료의 입도

| 구분 | | | 체를통과하는물질의질량백분율(%) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 종류 | 호칭명 | 입도범위(mm) | 표준망체(mm) | | | | | | | | | |
| | | | 53 | 37.5 | 31.5 | 26.5 | 19.0 | 13.2 | 4.74 | 2.36 | 0.425 | 0.075 |
| 입도조정부순골재 | M-40<br>M-30<br>M-25 | 40~0<br>30~0<br>25~0 | 100 | 95~100<br>100<br>- | -<br>95~100<br>100 | -<br>-<br>95~100 | 60~90<br>60~90<br>- | -<br>-<br>55~85 | 30~65<br>30~65<br>30~65 | 20~50<br>20~50<br>20~50 | 10~30<br>10~30<br>10~30 | 2~10<br>2~10<br>2~10 |

바. 열차속도 200 ㎞/h 이하인 강화노반층 재료로 사용되는 철강 슬래그는 KS F 2535(도로용 철강 슬래그)에 의한 수경성 입도 조정 고로 슬래그(Hydraulically and Mechanically Stabilized Slag-25: HMS-25)와 입도 조정 철강 슬래그(Mechanically Stabilized Slag-25: MS-25, MS-40)를 사용하고 품질 및 입도분포는 표 4.2-13, 표 4.2-14와 같다.

표 4.2-13 강화노반층용 고로 슬래그의 품질

| 종류 | 수정CBR*1 (%) | 일축압축강도*2 ($kN/m^2$) | 단위체적중량*3 ($kN/m^3$) | 마모감량(%) | 흡수율(%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 수경성 입도 조정 고로 슬래그(HMS-25) | 80 이상 | 2주 강도에서 1,200 이상 | 15 이상 | 35 이하 | - |
| 입도 조정 철강 슬래그 (MS-40, MS-25) | 80 이상 | - | 15 이상 | 35 이하 | 3.5 이하 |

주) 입도는 KS F 2502 굵은 골재 및 잔골재의 체가름 시험방법에 의한다.
*1 수정 CBR 시험은 KS F 2320에 의한다.
*2 일축 압축 강도 시험은 KS F 2535의 부속서 B에 의한다.
*3 단위체적중량 시험은 KS F 2505에 의한다.

표 4.2-14 고로 슬래그 강화노반층 재료의 입도규정

| 종류 | 호칭 | 입도범위(mm) | 체를통과하는물질의질량백분율(%) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 입도(mm) | | | | | | | | | |
| | | | 50 | 40 | 30 | 25 | 20 | 13 | 5 | 2.5 | 0.4 | 0.08 |
| 수경성 입도 조정 고로 슬래그 | HMS-25 | 25~0 | - | - | 100 | 95~100 | - | 60~80 | 35~60 | 25~45 | 10~25 | 3~10 |
| 입도 조정 철강 슬래그 | 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 |

(6) 형상

① 시공기면 및 상부노반면에는 선로횡단방향에 3%의 배수기울기를 설치해야 한다.

② 시공기면 내의 보수통로 부분에는 필요에 따라서 간이 포장 또는 RC판 포장을 할 수 있다.

(7) 품질관리

① 일반사항

가. 강화노반의 평탄성 및 두께 검사는 노반 연장 약 50 m마다 시험단면을 설치하되 단선의 경우 궤도중심 및 궤도중심으로부터 양측으로 2.0 m 떨어진 위치에서 시행한다. 복선 이상이 되는 경우에는 선로 중심, 각 궤도중심 및 가장 외측 궤도중심으로부터 양 외측으로 2.0 m 떨어진 위치에서 시행한다.

나. 강화노반의 다짐도 시험은 노반 연장 약 50 m마다 시험단면을 설정하여 단선의 경우 침목 양 끝, 복선 이상의 경우에는 선로중심 및 자갈궤도의 외측 침목 단부 또는 각 슬래브의 외측단부에서 실시해야 한다.

다. 또한, 노반에 구조물 등이 50 m 이내에 있는 경우에는 그 구간에 1개소의 시험 단면을 설정하도록 한다. 현장 품질관리시험 종료 시 생긴 측정공은 즉시 동일한 재료를 사용하여 충분히 다짐하여 복원한다.

② 다짐관리기준 및 시험빈도

가. 강화노반 재료의 품질관리 방법은 표 4.2-15을 따른다.

나. 강화노반의 다짐관리 기준은 표 4.2-16을 적용하여 관리해야 한다.

다. 강화노반의 포설은 1층 다짐 완료 후 두께는 200 mm 이하가 되도록 균일하게 포설한다.

라. 강화노반에 대한 현장 다짐관리 방법은 표 4.2-17을 따른다.

표 4.2-15 강화노반 재료의 품질관리 방법

| 구분 | 시험방법 | 시험빈도 |
|---|---|---|
| 입도 | KS F 2302 | 궤도중심의 종단 50m마다 |
| 마모율 | KS F 2508 | |
| 편평 세장편 함유량 | KS F 2575 | |
| 모래당량 | KS F 2340 | |

표 4.2-16 강화노반의 다짐관리 기준

| 시험항목 | 시험방법 | 자갈・콘크리트궤도 | |
|---|---|---|---|
| | | V < 200 ㎞/h | 200 ㎞/h ≤ V < 400 ㎞/h |
| 반복 평판재하 | DIN 18 134 | $Ev_2 \geq 80\ MN/m^2$<br>$Ev_2 / Ev1 < 2.3$ | $Ev_2 \geq 120\ MN/m^2$<br>$Ev_2 / Ev_1 < 2.2$ |
| 다짐 | KS F 2311 | 최대건조밀도의<br>95% 이상 | 최대건조밀도의<br>100 % 이상 |

표 4.2-17 강화노반 현장 품질관리 항목 및 시험빈도

| 시험항목 | 시험방법 | 시험빈도 |
|---|---|---|
| 반복 평판재하 | DIN 18 134 | • 최상부층 궤도중심의 종단 50 m마다 |
| 현장밀도 | KS F 2311 | • 다짐 1층당, 궤도중심의 종단 50 m마다 |
| 두께 측정 | - | • 1일 1회 이상 |

### 4.2.4 쌓기 구간의 원지반

(1) 쌓기 구간의 원지반은 쌓기를 안전하게 지지하며 침하가 되지 않도록 해야 한다.

(2) 쌓기 구간의 원지반은 쌓기 하단폭의 약 2배(25 m한도) 깊이까지 지진시 액상화 위험이 없도록 설계한다.

(3) 원지반은 상부노반 및 하부노반의 설계기준을 만족해야 한다.

(4) 콘크리트궤도에서의 쌓기 총 허용잔류침하량

① 콘크리트궤도에서의 허용잔류침하량은 30 mm 이하로 한다.

가. 허용잔류침하량 30 mm는 노반 인수인계 후 예상되는 원지반 침하량과 성토체 침하량 및 궤도구조에서의 침하량(총합 25 mm), 그리고 열차하중에 의한 침하량(5 mm로 가정)을 모두 포함한다.

나. 그림 4.2-5과 같이 분지모양으로 잔류침하가 발생할 경우 큰 종곡선 반경으로 보정되는 것이 허용될 수 있으므로 경사부를 ra(보정된 종곡선 반경, m)가 0.35 × $V^2$(V는 설계속도, km/h)보다 클 경우, 추가검토를 통해 잔류침하량을 60 mm까지 허용할 수 있다.

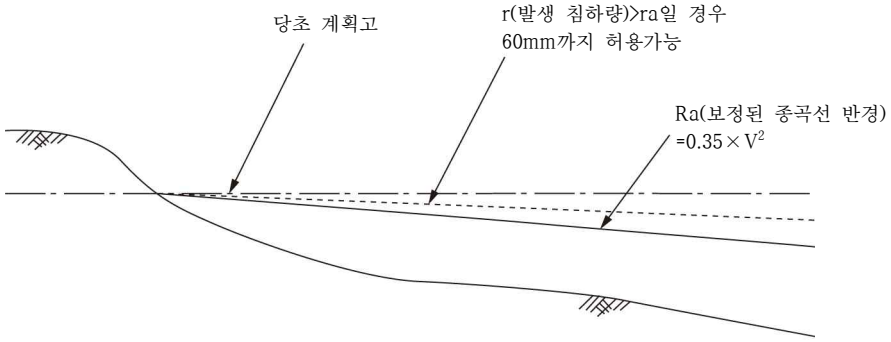



그림 4.2-5 분지모양 잔류침하

### 4.2.5 비탈면 보호공법

(1) 전철주 기초 주변의 비탈보호

① 쌓기 비탈면 부근에 호우 시 전주 등을 따라 우수가 비탈면에 집중되어 흘러내릴 우려가 있는 경우에는 침식 및 붕괴 등을 방지하기 위해 비탈면 방호를 설계해야 한다.

가. 전주가 시공기면에 설치될 경우에는 우수가 배수로로 흐르게 하고 필요한 포장 및 테두리 콘크리트 등을 설치하여 한다.

나. 전주가 쌓기 비탈면에 설치된 경우는 전주 주변을 시공기면과 같은 높이 쌓기를 하고, 우수가 배수로 흐르게 하거나 전주 주변에 돌붙임공 등 쌓기 비탈이 훼손되지 않게 비탈면 보호공을 설치해야 한다.

(2) 여기서 언급하지 않은 내용은 KDS 11 70 10을 따른다.

## 4.3 깎기

### 4.3.1 일반사항

(1) 깎기 비탈면 기울기

① 깎기 비탈면 기울기는 지반조사 및 시험성과, 시추조사 시 코아회수율(TCR) 및 암질지수(RQD), 불연속면의 특성, 풍화 정도 등을 고려하여 구간별로 안정성 해석을 실시하여 결정해야 한다.

② 깎기 비탈면 기울기는 표 4.3-1과 표 4.3-2의 값을 기준으로 하여 안정성 해석을 실시하여 변경할 수 있다.

표 4.3-1 깎기 비탈면 기울기 표준

| 토질 | | 깎기높이 | 기울기 | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 절리방향 | 절리직각방향 | |
| 암괴, 호박돌을 함유한 점성토 | | 5 m 이하 | 1 : 1.0 ~ 1.2 | | GM, GC |
| | | 5 m ~ 10 m | 1 : 1.2 ~ 1.5 | | |
| 점성토 | | 0 m ~ 5 m | 1 : 1.0 ~ 1.5 | | ML, MH, CL, OL, CH |
| 자갈 | 조밀하고 입도가 양호한 경우 | 10 m 이하 | 1 : 1.0 | | GW, GM, GC, GP |
| | | 10 m ~ 15 m | 1 : 1.0 ~ 1.2 | | |
| | 조밀하지 못하고 입도가 불량한 경우 | 10 m 이하 | 1 : 1.0 ~ 1.2 | | |
| | | 10 m ~ 15 m | 1 : 1.2 ~ 1.5 | | |
| 세립분이 함유된 모래 | 조밀한 경우 | 5 m 이하 | 1 : 1.0 | | SM, SC |
| | | 5 m ~ 10 m | 1 : 1.0 ~ 1.2 | | |
| | 조밀하지 않은 경우 | 5 m 이하 | 1 : 1.0 ~ 1.2 | | |
| | | 5 m ~ 10 m | 1 : 1.2 ~ 1.5 | | |
| 모 래 | | | 1 : 1.5 이상 | | SW, SP |
| 풍화암 | | | 1:1.0 ~ 1.2 | | 시편 미형성 암 |
| 연 암 | | | 1 : 1.2 | 1 : 0.5 ~ 0.7 | |
| 경 암 | | | 1 : 0.8 | 1 : 0.3 ~ 0.5 | |

표 4.3-2 암반의 특성에 따른 비탈면 기울기

| 암반구분 (굴착 난이도) | 암반파쇄상태 | | 기울기 | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | TCR | RQD | 절리방향 | 절리직각방향 | |
| 리핑암 | 20 % 이하 | 0 % | 1 : 1.2 | 1 : 1.0 | * NX 시추 기준 |
| 발파암 | 20 % ~ 40 % | 0 % ~ 25 % | 1 : 1.0 | 1 : 0.8 | |
| | 40 % ~ 60 % | 25 % ~ 50 % | 1 : 0.7 | 1 : 0.5 | |
| | 60 % 이상 | 50 % 이상 | 1 : 0.5 | 1 : 0.3 | |

주) 연암과 경암의 깎기 비탈면 기울기는 기존 암의 절리방향을 검토하여 조정한다.

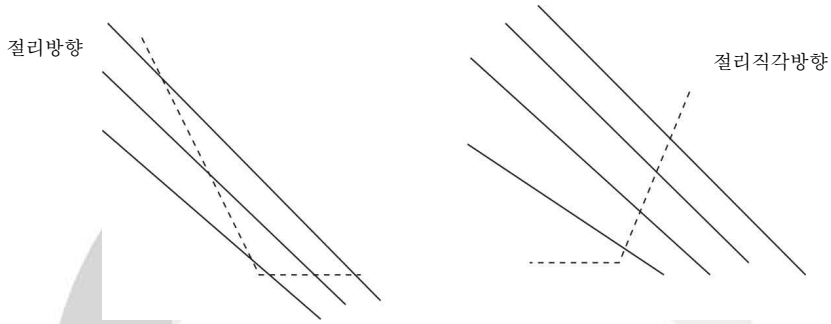



표 4.3-1 암반의 특성에 따른 비탈면 기울기

(2) 소단설치

① 리핑암 및 흙 비탈면의 경우 소단 폭은 1.5 m로 하고 비탈면 높이가 10 m 이상일 경우에는 매 5.0 m마다 설치하도록 한다. 또한 비탈면 높이에 관계없이 흙과 암과의 경계나 투수층과 불투수층과의 경계에는 필요에 따라 소단을 설치한다.

② 발파암 비탈면의 경우에는 10 m 또는 20 m마다 1.5 m 폭의 소단을 설치하도록 한다. 그리고 리핑암과 발파암의 경계와 암반의 특성이 급격히 변화하는 곳에도 1.5 m 폭의 소단을 설치한다.

③ 소단은 외측으로 향하여 5%의 횡단 기울기로 한다.

(3) 깎기 지반분류

① 깎기 지반분류는 4.1에서 정한 기준에 따라 분류한다.

② 특수한 경우는 별도로 분류할 수 있다.

(4) 깎기 구간의 원지반

① 깎기 구간의 원지반은 상부노반 및 하부노반의 설계기준을 만족해야 하며 노반 조건에 부적절하다고 판단되는 경우에는 원지반 안정처리를 해야 한다.

② 깎기 구간의 원지반은 지지력과 허용잔류침하 기준을 만족해야 한다.

③ 깎기 구간의 원지반에는 유입 또는 침출하는 지표수와 지하수가 고이지 않도록 배수시설을 설치해야 한다.

④ 원지반면은 노반의 측구를 향하여 5%의 횡단 기울기를 두어야 한다.

⑤ 원지반에 상시 지하수위가 있을 경우에는 모세관 현상으로 유발되는 지하수위 상

승에 의한 강도저하 가능성을 사전에 검토해야 한다.

(5) 비탈면 안정검토

① 자연지반은 매우 복잡하고 불균질하며, 깎기 비탈면은 시간에 따라 점차로 불안정하게 되고 강우 등의 주변 환경 변화에 따라 안정성이 영향을 받으므로 이들을 고려한 안정성 검토 및 보호대책이 이루어져야 한다.

② 풍화가 빠른 암반, 균열이 많은 암반, 바둑판 모양의 균열이 있는 암반, 구조선이 있는 지질 등의 붕괴성 요인을 갖는 암반 비탈면의 경우에는 반드시 이를 고려한 비탈면 안정성을 검토해야 한다.

③ 중요한 깎기 비탈면의 경우에는 KDS 47 10 15(4.4)의 등급을 고려한 비탈면 안정해석을 수행해야 한다.

### 4.3.2 깎기 및 본바닥

(1) 깎기

① 깎기 비탈면의 형상

가. 비탈면 기울기, 소단 등 깎기 비탈면의 형상은 지형, 지질(흙, 암반)의 특성을 검토한 후 깎기 비탈면이 안정될 수 있도록 배수공법을 고려하여 결정해야 한다.

나. 표 4.3-1과 표 4.3-2는 비탈면 기울기의 기준이며, 연직 및 수평 방향으로 변화가 크거나 주변에 기존 깎기 비탈면의 붕괴가 발생한 흔적이 있는 곳에서는 별도의 적절한 비탈면 안정조치가 필요하다.

다. 표 4.3-3과 같이 붕괴성 요인을 갖는 경우는 반드시 지반조사를 철저히 수행하여 비탈면 기울기에 대하여 면밀히 검토하고 필요한 경우 비탈면 안정대책을 마련해야 한다.

표 4.3-3 붕괴성 요인을 갖는 지질

| 붕괴성요인을갖는지질 | 대표지질 |
|---|---|
| 풍화가 빠른 암석 | 이암, 응회암, 셰일, 점판암, 사문암, 편암류 등 |
| 균열이 많은 암석 | 편암류, 셰일, 사문암, 화강암, 챠트, 안산암 등 |
| 바둑판 모양의 균열이 있는 암석 | 층리, 절리가 경사면의 경사방향과 비슷한 편암류, 점판암 등 |
| 구조적 약선이 있는 지질 | 단층 파쇄대, 지반활동지역, 붕괴지 등 |

라. 깎기 비탈면의 어깨 및 양단부는 모서리 정리를 하고 그 형상은 매끄러운 원형(라운딩)으로 한다.

② 깎기 비탈면 안정검토

가. 깎기 비탈면의 기울기, 소단 등은 주어진 지반의 조건을 면밀히 검토하고 안정성과 배수성 등을 고려하여 설계해야 한다.

나. 비탈면 기울기를 결정하는 경우 일반적인 지반조건이라면 기준 비탈면 기울기의 범위로서 거의 문제가 없지만 그렇다 하더라도 설계 시 반드시 주어진 비탈면에 대한 안

정성을 검토해야 한다.

다. 붕괴성 요인을 갖는 지반조건이거나 주변 환경변화로 인한 비탈면의 안정성이 공사 후 변화될 여지가 있는 경우에는 반드시 이를 고려하여 비탈면 안정성을 별도로 검토해야 한다.

라. 붕적토 지반은 지반이 치밀하지 못하고, 지하수의 통로역할을 하는 경우가 많아 지속적인 문제가 발생하므로, 표 4.3-4와 같은 경험적 기울기를 적용할 수 있다.

표 4.3-4 붕적토 지반에서의 비탈면 기울기

| 지하수조건 | 기울기 |
|---|---|
| 강우 시 지하수위가 설계에서 고려한 높이보다 낮은 경우 | 1 : 1.2 |
| 강우 시 지하수위가 설계에서 고려한 높이보다 높아질 경우 | 1 : 1.5 |
| 평상 시 지하수위가 설계에서 고려한 높이보다 높은 경우 | 1 : 1.8 ~ 1 : 2.0 |

마. 각 현장의 토량 배분계획이나 용지의 제약조건 및 적설 한랭지 특유의 제반조건 등을 고려하여, 기준의 비탈면 기울기만으로 설계하지 말고 시공성, 경제성 및 유지관리도 포함해서 충분히 안정성 및 경제성을 확보할 수 있도록 비교, 검토해야 한다.

바. 깎기 비탈면의 최종 기울기는 주어진 지반의 강도 등을 고려하여 안정성 해석을 수행한 후 결정해야 하며, 시공 시 설계와 변경된 지반조건 및 강도 등이 발견되었을 경우에는 반드시 재설계를 수행해야 한다.

사. 깎기 비탈면에 대한 기준안전율은 KDS 11 70 00에 준하여 표 4.3-5와 같이 적용해야 한다.

표 4.3-5 깎기 비탈면 안전율 기준

| 구분 | | 기준안전율 | 참조 |
|---|---|---|---|
| 건기 | | FS > 1.5 | • 지하수가 없는 것으로 해석 |
| 장기 | 우기 | FS > 1.2<br>또는<br>FS > 1.3 | • 연암 및 경암 등으로 구성된 암반비탈면의 경우, 인장균열 내 지하수 포화 높이나 활동면을 따라 지하수로 포화된 비탈면 높이의 1/2 심도까지 지하수를 위치시키고 해석을 수행하며 이 경우 FS = 1.2를 적용<br>• 토층 및 풍화암으로 구성된 비탈면의 안정해석은 지하수를 결정하여 해석하는 방법 또는 강우의 침투를 고려한 방법 사용 가능<br>• 지하수위를 결정하여 해석하는 경우에는 현장 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 고려하여 지하수위를 결정하고 안정해석을 수행하며, 지하수위를 결정한 근거를 명확히 기술 (FS = 1.2적용)<br>• 강우의 침투를 고려한 안정해석을 실시하는 경우에는 현장 지반조사 결과, 지형조건, 배수조건과 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 안정해석을 실시하며, 해석시 적용한 설계정수와 해석방법을 명확히 기술 (FS = 1.3적용) |
| | 지진시 | FS > 1.1 | • 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴<br>• 지하수위는 우기시 조건과 동일하게 적용 |
| 단기 | | FS > 1.1 | • 1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성 (시공중 포함)<br>• 지하수 조건은 장기안정성 검토의 우기시 조건과 동일하게 적용 |
| • 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우 : 별도 검토 | | | |

아. 특별히 중요한 깎기 비탈면의 경우 그 중요도에 따라 KDS 47 10 15 (4.4)의 내진설계의 내진등급을 고려한 비탈면 안정해석을 수행해야 한다.

(2) 본바닥

① 요구조건 및 설계

가. 본바닥은 4.3.1에 기술한 깎기 구간의 원지반 조건을 만족해야 한다.

나. 원지반면에는 노반 측구를 향하여 5%의 횡단배수 기울기를 설치하고, 평탄하게 마무리해야 한다. 또한 원지반면은 굴착이나 정지작업에 의해 교란되거나, 느슨해지기도 하므로 깎기 시공의 종료 시에 다짐장비로 마무리해야 한다.

다. 일반적인 경우 원지반 위 또는 원지반 측방에 배수공이 설치되므로 배수공 설계에 따라서 원지반의 형상을 결정해야 한다.

라. 평탄하게 마무리된 원지반면의 검사는 평판재하시험법에 의하며, 직경 300 mm의 재하판을 이용, 필요한 값 이상이 되도록 다음 각 위치에서 확인해야 한다. 측정 요령은 쌓기의 경우와 같다.

(가) 검사단면은 시공연장 약 50 m마다 한다.

(나) 검사단면에서의 측정위치는 원지반면 강도의 균질성을 조사할 수 있도록 선로 당

1~2개소를 고려한다.

(다) 50 m 이내에서 지질조건이 다른 경우는 그 때마다 대표 장소에서 검사를 한다.

(라) 각 검사단면에서 단선일 때는 침목 양 끝부분, 복선 이상일 때는 각 선로 간 중심 및 가장 바깥 측의 침목 바깥 끝에서 시험을 실시해야 한다. (그림 4.3-2 참조)

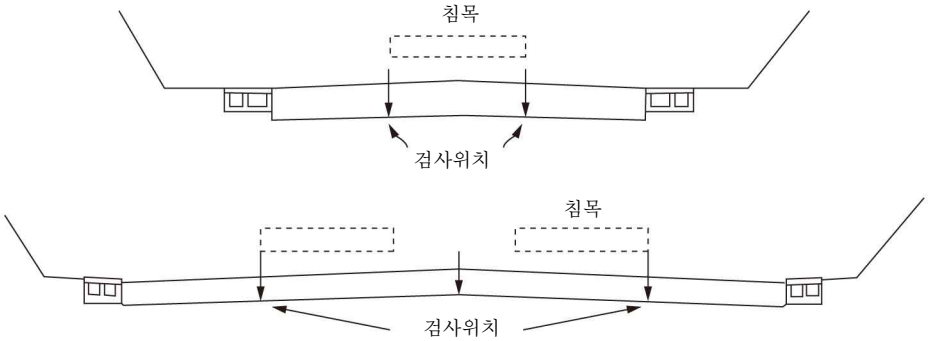



그림 4.3-2 깎기 원지반면의 검사위치

## 4.4 연약지반

### 4.4.1 일반사항

(1) 연약지반은 성토규모나 구조물 목적에 따라 상대적인 의미로 평가되며, 원지반이 건설되는 구조물에 대해 안정성을 만족하지 못할 경우 연약지반으로 취급하여 지반보강이나 대책을 강구해야 한다.

(2) 여기서 언급하지 않은 내용은 KDS 11 30 05를 따른다.

### 4.4.2 연약지반의 조사 및 시험

(1) 콘크리트 궤도 적용 시 연약지반의 조사

① 허용잔류침하량이 엄격히 제한되므로 표 4.4-1과 같은 상세한 지반조사를 해야 한다.

표 4.4-1 연약지반 조사항목

| 조사항목 | 시험목적 |
|---|---|
| 핸드오거 | 연약지반 확인 |
| 시추조사 | 지층 확인 |
| 피에조콘 관입시험 | 연약지반 파악 및 설계정수 획득 |
| 간극수압 소산시험 | 압밀계수 산정 |
| 베인시험 | 비배수 전단강도 산정 |
| 탄성파 탐사 | 연약대 파악 |
| 실내시험(함수비, 비중, 체분석, 입도, 액성, 소성, 전단, 삼축 압축, 일축 압축, 압밀, 기타시험 등) | 지반정수 산정 |

② 콘크리트 궤도의 노반침하 문제는 원위치조사에서 확인되지 않는 지형에서 주로 발생할 가능성이 있으므로, 전체노선에 대한 국부적인 연약지반대 평가가 필요하므로 필요구간에 대해 탄성파 탐사를 적용할 수 있다.

## 4.5 본선부속

### 4.5.1 길내기

(1) 길내기 일반

농로 등 기존도로를 횡단하거나 철도건설로 인해 기존도로를 이설 또는 신설해야 할 경우는 길내기를 설계해야 한다.

(2) 설계

① 도로와 철도가 교차하는 경우에는 입체 교차되도록 설계해야 한다. 다만, 관계기관과 협의한 경우 평면교차로 설계할 수 있다.

② 철도와 도로의 교차개소는 기존위치에서 직각횡단할 수 있게 하며 부득이한 경우 위치를 조정해야 한다.

③ 철도를 고가 혹은 지하로 입체화 하는 경우, 철도를 횡단하는 구간의 도로 기울기는 가능한 한 수평으로 하고, 그 외 구간은 도로설계기준(도로의 구조 · 시설기준에 관한 규칙, 농어촌 도로의 구조 · 시설기준에 관한 규칙 등)에 따르며, 지하 횡단시설의 기울기는 특수차량(유류차, 콘테이너차)이 안전하게 통과할 수 있게 해야 한다.

④ 지하 횡단시설의 통과높이는 KDS 47 10 15 (4.3(2))에 따른다.

⑤ 자동차가 통행하는 농로와 마을진입도로에는 교행대피와 보도를 두어야 한다.

⑥ 도로가 철도를 횡단하는 과선교 및 터널의 시종점 구간 등 도로가 철도에 근접되어 자동차 추락이 우려되는 구간에는 추락방지용 옹벽등 방호설비를 설치해야 한다.

### 4.5.2 개천내기

(1) 개천내기 일반

① 기존 개천을 횡단하거나 철도건설로 인해 이설 또는 신설해야 할 경우는 개천내기를 해야 한다.

② 개천내기 설계는 관할하천 관리청, 지방자치단체와 협의하고 KDS 51 00 00을 따른다.

### 4.5.3 방음벽

(1) 일반

① 설계하중은 고정하중, 풍하중을 적용하며 일반적으로 충돌하중은 고려하지 않는다.

② 고정하중 산출시 단위중량은 표 4.5-1을 기준으로 하고 실하중이 명백한 것은 그

값을 적용해야 한다. 표 4.5-1에 제시하지 않은 재료의 단위중량은 실하중을 적용한다.

표 4.5-1 재료의 단위중량($kN/m^3$)

| 재료 | 단위중량 | 재료 | 단위중량 |
|---|---|---|---|
| 강재 | 77.0 | 콘크리트 방음판넬 | 2.25 |
| 철근콘크리트 | 24.5 | 알루미늄 방음판넬 | 0.30 |

③ 풍하중은 방음벽에 수직으로 적용하며 표 4.5-2와 같다.

표 4.5-2 방음벽 기초 및 지주의 지역별 표준 설계 풍하중(N/m²)

풍하중(단위 : $kN/m^3$)

| 지역 | 기본풍속($m/s$) | 지명 | 표준설계풍하중($kN/m^2$) | | | 교량부 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 토공부 | | | |
| | | | H ≤ 4.5 m | 4.5 m < H ≤ 9.0 m | H > 9.0 m | |
| 내륙 | 30 | 서울, 대구, 대전, 춘천, 청주, 수원, 추풍령, 전주, 익산, 진주 | 0.7 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 서해안 | 35 | 서산, 인천 | 0.8 | 1.2 | 1.3 | 1.5 |
| 남해안 | 40 | 군산, 여수, 충무, 부산, 포항, 울산 | 1.2 | 1.5 | 1.5 | 2.0 |
| 동해안제주해역특수지역 | 45 | 속초, 강릉, 제주, 서귀포, 목포 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 2.5 |

④ 방음벽의 설계는 열차 통과 전후의 열차풍압, 진동 및 풍하중 등의 영향을 고려하여 방음벽 지주판인 플레이트의 고정너트 풀림방지장치를 설계해야 한다.

(2) 지주의 간격

① 토공부에 설치하는 방음벽 지주의 간격은 표 4.5-3을 기준으로 풍하중과 방음벽 높이에 따라 다르게 적용하며 필요한 경우, 구조해석을 통하여 결정할 수 있다.

표 4.5-3 풍하중과 방음벽 높이별 지주간격

| 풍하중(kN/m$^2$) | 방음벽높이(m) | 지주간격(m) |
|---|---|---|
| 0.7 | 2.0~8.0 | 4.0 |
| 0.9 | 2.0~8.0 | 4.0 |
| 1.2 | 2.0~6.5미만 | 4.0 |
| | 6.5이상~8.0 | 2.0 |
| 1.5 | 2.0~6.0미만 | 4.0 |
| | 6.0이상~8.0 | 2.0 |

② 지주는 구조적으로 안정성을 확보하도록 설계해야 한다.

가. 고정하중 및 풍하중은 방음벽지주 설계하중을 적용하며 토압은 KDS 47 10 35 (4)를 따른다.

나. 활하중은 열차 활하중을 적용해야 한다.

③ 설계하중계수 및 조합, 구조해석, 구조 상세는 KDS 47 10 35 (4)를 따른다.

(3) 기타

① 기초옹벽의 돌출높이 및 구조 등은 현장여건에 따라 변경할 수 있다.

② 쌓기 구간의 방음벽 설치개소에는 주변여건을 감안한 배수공을 설치하여 집중 호우 시 노반에 피해가 없도록 설계해야 한다.

### 4.5.4 낙석방지공

(1) KDS 11 70 20 을 따른다.

## 집필위원

| 성 명 | 소 속 | 성 명 | 소 속 |
|---|---|---|---|
| 황선근 | 한국철도기술연구원 | 신지훈 | 한국철도기술연구원 |

## 집필위원(2021)

| 성 명 | 소 속 | 성 명 | 소 속 |
|---|---|---|---|
| 최찬용 | 한국철도기술연구원 | 임유진 | 배재대학교 |

## 자문위원

| 성 명 | 소 속 | 성 명 | 소 속 |
|---|---|---|---|
| 구웅회 | ㈜서영엔지니어링 | 정혁상 | 동양대학교 |
| 안태봉 | 우송대학교 | 조성호 | 중앙대학교 |

## 자문위원(2021)

| 성 명 | 소 속 | 성 명 | 소 속 |
|---|---|---|---|
| 박형춘 | 충남대학교 | 이일화 | 한국철도기술연구원 |
| 이상환 | ㈜건화 | 한병원 | ㈜에이티맥스 |

## 국가건설기준센터 및 건설기준위원회

| 성 명 | 소 속 | 성 명 | 소 속 |
|---|---|---|---|
| 이용수 | 한국건설기술연구원 | 정혁상 | 동양대학교 |
| 구재동 | 한국건설기술연구원 | 구자안 | 한국철도공사 |
| 김기현 | 한국건설기술연구원 | 김석수 | ㈜수성엔지니어링 |
| 김태송 | 한국건설기술연구원 | 김재복 | ㈜태조엔지니어링 |
| 김희석 | 한국건설기술연구원 | 소민섭 | 회명정보통신㈜ |
| 류상훈 | 한국건설기술연구원 | 여인호 | 한국철도기술연구원 |
| 원훈일 | 한국건설기술연구원 | 이성혁 | 한국철도기술연구원 |
| 주영경 | 한국건설기술연구원 | 이승찬 | ㈜평화엔지니어링 |
| 최봉혁 | 한국건설기술연구원 | 이진욱 | 한국철도기술연구원 |
| 허원호 | 한국건설기술연구원 | 이찬우 | 한국철도기술연구원 |
| | | 최상철 | ㈜한국건설관리공사 |
| | | 최찬용 | 한국철도기술연구원 |

## 국가건설기준센터 및 건설기준위원회(2021)

| 성 명 | 소 속 | 성 명 | 소 속 |
|---|---|---|---|
| 이영호 | 한국건설기술연구원 | 구자안 | 한국철도공사 |
| 구재동 | 한국건설기술연구원 | 김명철 | 동부엔지니어링 |
| 김기현 | 한국건설기술연구원 | 김병석 | 한국건설기술연구원 |
| 김나은 | 한국건설기술연구원 | 김재복 | 태조엔지니어링 |
| 김태송 | 한국건설기술연구원 | 김충언 | 삼현 피에프 |
| 김희석 | 한국건설기술연구원 | 김행배 | ㈜동명 |
| 류상훈 | 한국건설기술연구원 | 박찬민 | 코비코리아 |
| 소병진 | 한국건설기술연구원 | 배두병 | 국민대학교 |
| 원훈일 | 한국건설기술연구원 | 송종걸 | 강원대학교 |
| 이승환 | 한국건설기술연구원 | 엄종욱 | 케이에스엠기술 |
| 이용수 | 한국건설기술연구원 | 오명석 | 서영엔지니어링 |
| 이용준 | 한국건설기술연구원 | 이동호 | 케이알티씨 |
| 주영경 | 한국건설기술연구원 | 이승찬 | 경남도청 |
| 최봉혁 | 한국건설기술연구원 | 이진욱 | 한국철도기술연구원 |
| 허원호 | 한국건설기술연구원 | 이찬우 | 한국철도기술연구원 |
| | | 이호용 | 이레이앤씨 |
| | | 정지영 | 우리이엔지 |
| | | 정혁상 | 동양대학교 |
| | | 최상철 | 한국건설관리공사 |

## 중앙건설기술심의위원회

| 성 명 | 소 속 | 성 명 | 소 속 |
|---|---|---|---|
| 김현기 | 한국철도기술연구원 | 최상현 | 한국교통대학교 |
| 이광명 | 성균관대학교 | 정광섭 | 포스코건설 |
| 신수봉 | 인하대학교 | 손성연 | 씨앤씨종합건설(주) |
| 이용재 | 삼부토건(주) | | |

## 중앙건설기술심의위원회(2021)

| 성 명 | 소 속 | 성 명 | 소 속 |
|---|---|---|---|
| 권혁기 | 국토안전관리원 | 김연규 | ㈜도화엔지니어링 |
| 김대상 | 한국철도기술연구원 | 김효승 | 한국철도시설공단 |
| 김성보 | 충북대학교 | 류은영 | ㈜태암엔지니어링 |

## 국토교통부

| 성 명 | 소 속 | 성 명 | 소 속 |
|---|---|---|---|
| 임종일 | 철도건설과 | 홍석표 | 철도건설과 |
| 문재웅 | 철도건설과 | | |

## 국토교통부(2021)

| 성 명 | 소 속 | 성 명 | 소 속 |
|---|---|---|---|
| 김민태 | 국토교통부 철도건설과 | 문재웅 | 국토교통부 철도건설과 |
| 이상욱 | 국토교통부 철도건설과 | | |

KDS 47 10 25 : 2021

# 흙구조물

2021년 4월 12일 개정

소관부서 국토교통부 철도건설과

관련단체 국가철도공단
34618 대전광역시 동구 중앙로 242 국가철도공단
Tel : 1588-7270
http://www.kr.or.kr

작성기관 한국철도기술연구원
16105 경기도 의왕시 철도박물관로 176 한국철도기술연구원
Tel : 031-460-5000
http://www.krri.re.kr

국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
http://www.kcsc.re.kr