

KR C-06010

Rev.3, 04. June 2024

휴막이 구조물

2024. 06. 04



국가철도공단

REVIEW CHART

[illegible]

경 과 조 치

이 "철도설계지침 및 편람" 이전에 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 우리공단 "철도설계지침 및 편람"을 그대로 사용할 수 있습니다.

일 러 두 기

- 사용자의 이용 편의를 위하여 책 단위로 구성된 "철도설계지침" 및 "편람"을 국제적인 방식에 맞게 체계를 코드별로 변경하였습니다.
또한, 코드에 대한 해설 및 목차역할을 하는 KR CODE 2012, 각 코드별로 기준 변경사항을 파악할 수 있도록 Review Chart 및 Record History를 제정하였습니다.
- 이번 개정된 “철도설계지침 및 편람”은 개정 소요가 발생할 때마다 각 항목별로 수정되어 공단 EPMS, CPMS에 게시될 것이니 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.
- “철도설계지침 및 편람”에서 지침에 해당하는 본문은 설계 시 준수해야 하는 부분이고, 해설(이전 편람) 부분은 설계용역 업무수행의 편의를 제공하기 위해 작성한 참고용 기술도서입니다. 여기서, 제목 부분의 편람은 각 코드에서의 해설을 총칭한 것입니다.

목 차

1. 일반사항	1
1.1. 목적	1
1.2. 적용 범위	1
1.3. 참고기준	1
1.4. 용어의 정의	1
1.5. 기호의 정의	2
2 조사 및 계획	2
3. 재료	2
4. 설계	2
4.1 하중 및 하중의 조합	2
4.2 옹벽, 흙막이벽 및 비탈면보호벽	2
해설 1. 흙막이 구조물설계 일반사항	3
해설 2. 콘크리트 옹벽	7
해설 3. 비탈면보호벽	36
해설 4. 낙석방지공	36
해설 5. 암반비탈면 변위 원인과 계측	36
RECORD HISTORY	37

1. 일반사항

1.1 목적

- (1) 이 지침은 흠막이 구조물에 대하여 시설물의 조사, 계획, 설계, 시공, 유지관리에 필요한 기술적 사항을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용범위

- (1) 이 지침은 철도 설계 시 흠막이를 위한 구조물 중 옹벽 및 흠막이벽 등의 흠막이 구조물 설계에 대한 일반적인 기준을 나타낸 것으로 흠막이 구조물은 이를 바탕으로 하여 현장의 실정에 맞도록 설계 및 시공을 하여야 한다.
- (2) 특별한 검토를 해야 하는 경우 별도의 기준이나 공법을 검토하여 적용할 수 있다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

- (1) 이 지침에서 규정하지 않은 내용은 **KDS 11 80 00**을 따른다.

1.4 용어의 정의

- (1) 가외철근 : 콘크리트의 건조수축, 온도변화, 기타의 원인에 의하여 콘크리트에 발생하는 인장력에 대비하여 가외로 더 넣는 보조적 철근
- (2) 간극수압 : 흙의 간극 속에 존재하는 물의 압력
- (3) 관성력 : 운동하는 물체에 작용하는 힘으로 크기가 질량에 가속도를 곱한 것과 같고 방향이 가속도와 반대되는 힘
- (4) 단주(short column) : 세장비가 작아(강재기둥인 경우 약 100 이하) 좌굴이 발생하기 전에 압축응력이 허용응력을 초과하게 되는 기둥
- (5) 보일링(boiling) : 터파기 바닥면의 흙이 모래지반인 경우 상향의 침투수압에 의한 동수경사가 모래지반의 한계동수 경사보다 크게 되면 모래입자 사이의 유효응력이 상실되어 분사현상이 발생하는 것
- (6) 수동토압 : 흠막이벽이 횡방향 압력으로 흙을 뒤편을 향하여 밀 때 흙이 압축을 받아 파괴상태에 이를 때의 토압
- (7) 세장비 : 압축부재에서 부재의 길이를 단면회전반경으로 나눈 값으로 일반적으로 이 값이 100 이상이면 장주, 그 이하이면 단주로 구분
- (8) 엄지말뚝 : 흠막이벽 시공시에 수평나무뿔을 설치할 수 있도록 일정간격으로 설치하여 벽체를 형성할 수 있게 사용되는 H형강 또는 그와 비슷한 기능을 하는 부재
- (9) 옹벽 : 깎기 또는 쌓기시 측방토압에 대하여 구조물의 자중, 강도 및 강성으로 지지



하고, 안정을 유지하는 구조물

- (10) 임계파괴면 : 벽체가 움직여서 횡방향으로 팽창되거나 압축되어 파괴상태에 이를 때의 파괴면
- (11) 임계활동면 : 비탈면에서 활동파괴가 발생할 때에 최소안전율을 가지는 때의 파괴면
- (12) 양압력 : 중력방향의 반대방향으로 작용하는 연직성분의 수압
- (13) 정지토압 : 벽체의 횡이동이 전혀 없거나 있더라도 극히 적은 상태의 토압
- (14) 주동토압 : 흙막이벽이 횡방향 압력에 의해 뒷채움 흙 외측으로 변위가 발생하여 흙이 횡방향으로 팽창되어 소성극한상태에 이를 때의 횡토압
- (15) 측방유동 : 연약한 지반에서 쌓기 등의 재하하중에 의해 지반이 측방으로 변위 하는 것
- (16) 활동방지 벽(Shear key) : 저판하부에 횡방향 저항력을 높이기 위해 돌출되게 만든 부분
- (17) 흙막이 구조물 : 흙막이벽, 옹벽 등 이에 준하는 구조물의 총칭
- (18) 흙막이벽 : 깎기 또는 쌓기에 의해 지지되면서, 토압, 수압 등 외력에 대하여 안정을 유지하는 구조물
- (19) 히빙 : 연약한 점성토 지반에서 터파기 외측의 흙의 중량으로 인하여 터파기된 저면이 부풀어 오르는 현상
- (20) 파이핑 : 흙막이벽의 모래지반 굴착시 배면의 수위가 높아지면 굴착저면에 상향의 침투류가 발생되고 유효중량보다 커지게 되면 보일링이 일어나 발전되어 물의 통로가 생기면서 세굴되어 가는 과정

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사

- (1) 흙막이 구조물의 조사는 [KDS 47 10 20](#)을 따른다.

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 하중 및 하중의 조합

- (1) 하중 및 하중의 조합은 [KDS 47 10 35\(4.1\)](#)을 따른다.

4.2 옹벽, 흙막이벽 및 비탈면보호벽

- (1) 옹벽, 흙막이벽 및 비탈면보호벽에 관한 사항은 [KDS 47 10 35\(4.2\)](#)를 따른다.

해설 1. 흙막이 구조물설계 일반사항

1. 흙막이 계획

1.1 일반내용

흙막이 구조물의 설계계획은 관련 구조물 등의 설계계획과 종합하여 검토하고 다음 각 조건에 대하여 설계시공상 안전하고 경제적인 구조형식과 기초 형식을 계획해야 한다.

1.2 기본조건

1.2.1 지형 및 지질조건

지형 및 지질조건에 관해서는 다음 각 항에 대하여 검토해야 한다.

(1) 지형에 대한 검토

- ① 흙막이 구조물에서 쌓기를 동반하는 경우 부분깎기, 부분쌓기의 경우는 지표수와 지하수가 쌓기 내에 유입하여 쌓기 자체의 안정에 문제가 생기기 쉽다. 이 경우 안정에 주어지는 영향이 큰 경우에는 교량 등 다른 형식으로 설계해야 한다.
- ② 흙막이 구조물이 대규모 비탈 지형의 경우에는 노선변경을 포함한 종합적인 검토가 필요하다.
- ③ 비탈면상에 교대 옹벽 등 흙막이 구조물을 설치하는 경우에는 터파기나 쌓기하중에 의한 비탈면의 안정에 대한 검토를 해야 한다.

(2) 지지층 및 중간층에 대한 검토

- ① 옹벽은 변위량이 허용되어 있는 것으로 옹벽의 기초형식 및 지지조건은 지지층 및 중간층의 조건이 옹벽의 안정조건을 만족하는 지지층을 기준으로 해야 하고 연약층이 분포하는 경우 연약지반처리 등의 지반개량을 시행하고 직접기초로 하는 것이 경제적으로 되는 경우가 있다.

(3) 지하수에 대한 검토

- ① 깎기 자연비탈면에 있어서 옹벽 등의 경우에는 지하수에 의해 옹벽에 큰 수압이 작용하는 경우가 있으므로 배수대책이 필요하다.
- ② 따라서 지하수에 대한 고려를 해야 하고 옹벽 등 구조물을 포함한 전체비탈면의 안정을 검토해야 한다.

(4) 지반변위에 대한 검토

- ① 연약지반에 있어서는 옹벽이나 교대 등의 흙막이 구조물은 배면의 쌓기하중에 의해 지반이 변형하고, 구조체나 기초에 변형이 생기는 것으로 이것을 측방유동이라고 하고 「해설 1.의 3.5항」에 의하여 검토해야 한다.
- ② 측방유동 문제의 경우 박스암거는 교대형식과 비교하여 문제가 적고 짧은 지간의 경우 유리하게 되는 것이 많다.

(5) 하상저하 및 세굴에 대한 검토



(6) 그 이외의 특수조건에 대한 검토

1.2.2 접속부 처리조건

- ① 일반적으로 쌓기는 비교적 양질의 지반에 지지시키고 자체의 압축침하를 극히 작게 함으로써 배면쌓기와의 접속부에 유해한 부등침하가 발생하지 않도록 설계해야 한다.
- ② 쌓기를 연약지반에 시공하여 지지지반의 압밀침하로 배면쌓기와의 사이에 유해한 부등 침하가 발생한다고 판단될 경우에는 「KR C-04010 흙 구조물」을 참조하여 대책을 검토해야 한다.

2. 흙막이 설계일반

2.1 일반내용

- (1) 흙막이 구조물은 쌓기 및 원지반을 포함하는 구조물 전체가 안전함과 동시에 유해한 변위가 발생하지 않도록 해야 하며 설계시 아래의 사항을 만족해야 한다.

- ① 구조물이 전체로서 안정해야 한다.
- ② 구조물의 변위량이 허용값 이하이어야 한다.
- ③ 구조물의 각 부재가 소요강도 이상이어야 한다.

(2) 설계구분

- ① 흙막이 구조물은 그 형식에 따라 다음과 같이 설계한다.

가. 옹벽 및 가설 흙막이벽 : 본문과 해설을 따른다.

- ② 흙막이 구조물은 설계조건에 따라 다음과 같이 설계한다.

가. 일반적인 설계조건에 대한 것 : 보통설계

나. 특수한 설계조건에 대한 것 : 특수설계

(3) 내진설계법

- ① 흙막이 구조물의 구체설계를 할 때는 다음과 같이 한다.

가. 옹벽 : 지진에 의한 등가정적 하중은 Mononobe-Okabe의 의사정적 해석방법으로 산정할 수 있다.

나. 콘크리트옹벽 : KDS 11 80 05(4.5) 및 KR C-02010을 따른다.

다. 돌망태옹벽 : KDS 11 80 15(4.5) 및 KR C-02010을 따른다.

라. 기대기옹벽 : KDS 11 80 20(4.3) 및 KR C-02010을 따른다.

2.2 하중 및 하중의 조합

- (1) 흙막이 구조물은 다음 각 하중상태에 대하여 설계해야 한다.

- ① 상시
- ② 일시 : 공사중 설계에 고려해야 할 일시적인 상재하중

- ③ 지진시
- ④ 시공시
- (2) 각 하중상태에 있어서 고려하중에 대해서는 토압을 제외하고 「KR C-02010 철도계획」을 따른다.
- (3) 토압에 대해서는 「KR C-03010 측량 및 지반조사」를 따른다.
- (4) 필요에 따라 다른 하중에 대해서도 고려해야 한다.
- (5) 하중의 산정 및 조합에 대해서는 「KR C-08020 교량 설계하중」을 따른다.
- (6) 시공시의 안정에 대한 안전을 등은 하중의 상태에 따라 정하지만 일반적으로 지진시와 동일하게 한다.
- (7) 연약지반상의 옹벽이나 흙막이벽 등의 경우에는 배면쌓기 하중에 의한 지반의 변위가 발생하고 기초에 큰 변형이나 응력이 발생하는 경우가 있으므로 측방유동에 대하여 검토해야 한다.

2.3 토압

- (1) 토압은 ①, ②, ③항을 상시설계에 고려하고 지진시에 주동, 수동 및 정지토압을 고려해야 한다.
 - ① 주동토압(상시, 지진시)
 - ② 수동토압(상시, 지진시)
 - ③ 정지토압(상시 지진시)
- (2) 옹벽에 작용하는 토압계산에 이용하는 토질정수는 토질시험치가 없는 경우 일반적인 값을 이용하지만 시험치가 있으면 그 값을 써야 한다.
- (3) 벽체에 작용하는 토압은 변위를 고려한 토압을 적용하여 설계해야 한다.
- (4) 배면쌓기에 의한 토압을 산정할 때에는 쌓기재료의 단위체적중량, 내부마찰각, 점착력 등의 토질정수를 산정해야 한다.
- (5) 일반적으로 현장 흙의 상태는 불균질하고 시험결과의 해석이 용이하지 않으나 다짐의 정도에 따른 변동이 큰 것 등은 쌓기재료를 토질분류하고 그것에 따라 토질시험을 통하여 토압을 산정해야 한다.
- (6) 정지토압은 다음과 같이 구분하여 산정할 수 있는데 지하수면 이하의 경우에는 수압을 고려해야 한다.
 - ① 연직면에 작용하는 정지토압
 - ② 연직면에 작용하는 지진시 정지토압

2.4 철근 및 콘크리트

재료의 품질 및 기준 허용응력은 KDS 24 12 10, KDS 24 12 20, KDS 47 10 15 (4.1.1(2))를 따른다.



2.5 구조물의 안정검토

(1) 구조물하중에 대한 안정에 관해서는 다음 사항에 대하여 검토해야 한다.

- ① 연직방향의 지지에 대한 안정
- ② 수평방향의 지지에 대한 안정
- ③ 전도에 대한 안정

(2) 구조물하중 이외의 하중 조건을 포함한 전체에 대한 안정

(3) 히빙(heaving), 보일링(boiling) 등 저면 안정

(4) 액상화에 대한 안정

해설 2. 콘크리트 옹벽

1. 설계 일반

(1) 기본계획

콘크리트 옹벽은 다음 검토사항에 대하여 안전을 또는 기준을 만족해야 한다.

① 안정성검토

가. 활동에 대한 안정성

나. 전도에 대한 안정성

다. 지지력 및 침하에 대한 안정성 라. 옹벽을 포함한 전체 안정성

② 부재의 응력도 검토

가. 구체의 응력도 검토

나. 기초공의 응력도 검토

③ 배수 및 기타 부대설비의 검토

가. 배수공 및 침수대책

나. 기타 부대설비 검토

(2) 설계순서

옹벽의 설계는 옹벽 종류별 높이와 그 특징을 고려하여 <그림 1>과 같은 순서에 따른다.

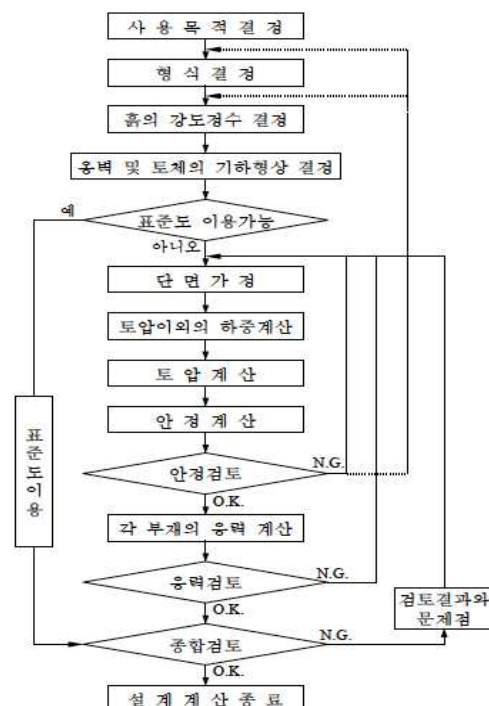


그림 1. 옹벽의 설계 계산 순서



2. 설계 하중

옹벽설계에 고려되는 하중은 고정하중, 상재하중(열차 활하중 포함), 토압, 풍하중(방음벽 설치 시), 지진하중 등을 고려하여 설계하중으로 적용한다. 옹벽배면 수압은 배수공에 의해 충분히 배수되도록 하고 통상의 조건인 경우 고려하지 않는다.

(1) 고정하중(자중)

고정하중은 옹벽 구체 중량 외에 캔틸레버식 옹벽, 부벽식 옹벽 등의 저판 위에 있는 흙의 중량을 포함한다. 또, 역T형 옹벽의 앞판의 흙은 보통의 경우 이를 무시해도 좋지만 근입깊이가 큰 경우와 역L형 옹벽 등의 경우에는 그 영향을 고려한다. 고정하중은 <그림 2>와 같이 빗금 친 부분으로 한다. 고정하중의 계산에 쓰이는 철근 콘크리트 및 무근 콘크리트의 단위중량은 <표 1>의 값을 적용하되 실제 하중의 크기가 명백할 때는 그 값을 사용한다. 또, 지진의 영향을 고려하는 경우의 자중에 대해서는 「해설 2의 6. 지진 및 열차진동」에 따른다.

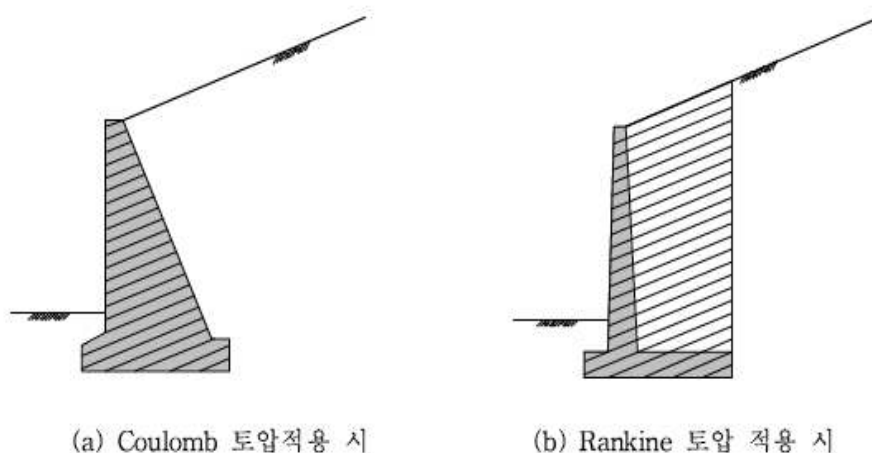


그림 2. 옹벽종류별 고정하중 고려 범위

표 1. 재료의 단위중량

구분		단위중량(kN/m ³)
철근콘크리트		24.5
무근콘크리트		23.0
뒤채움흙	사 질 토	19
	양질의 사질토	20

(2) 상재하중(활하중)

옹벽 상부에 노반이 설치되는 경우는 <그림 3(a)>에서와 같이 궤도하중(q_1)과 열차하중(q_2)을 등분포상재하중으로 적용한다.

$$q = q_1 + q_2 \quad (1)$$

여기서, q : 설계에 적용할 등분포상재하중
 q_1 : 궤도하중에 의한 등분포상재하중
 q_2 : 열차활하중에 의한 상재하중

옹벽에서 궤도중심까지의 거리 B 가 2.0m 이하인 경우, 일본의 「철도구조물설계표준(1999)」에서는 폭 B 에 대해서 q_2 대신 $q_s = \text{축하중}/(\text{축거} \times 2B)$ 의 하중을 가하도록 되어있다.

표 2. 상재하중(kN/m²)

구분	일반철도	고속철도
q_1	15	15
q_2	35	35
q_3	73/B	78/B

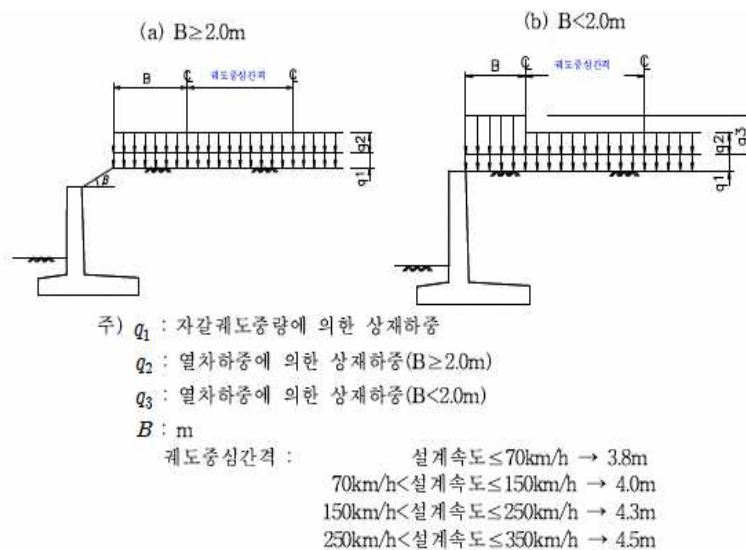


그림 3. 상재하중의 크기 및 분포

(3) 토압

① 안정성 검토를 위한 토압

토압은 주로 Rankine 토압이론과 Coulomb 토압이론을 적용하여 계산하며, 이 두



방법의 근본적인 차이는 벽면마찰의 고려여부에 있다. 벽면마찰은 Coulomb 토압이론에서만 고려하며, 흙과 벽면의 상대적인 변위에 의하여 발생한다.

표 3. 벽면마찰각 (δ)

옹벽의 종류	마찰각 종류	계산의 구분	벽면마찰각
중력식 옹벽 및 비자립형 옹벽	흙과 콘크리트	안정 계산	$\delta = \phi/3$
		단면 계산	$\delta = \phi/3$
캔틸레버식 옹벽 및 부벽식 옹벽	흙과 흙 흙과 콘크리트	안정 계산	$\delta = \beta$
		단면 계산	$\delta = \phi/3$

주) ϕ : 흙의 전단저항각 (내부마찰각, °)

벽면마찰을 고려하는 경우는 <그림 4(a)>에서와 같이 Coulomb 토압을 적용하며, 토압의 작용방향은 옹벽 배면의 연직선에 대하여 벽면마찰각 δ 만큼 기울어져 작용하는 것으로 간주한다.

그러나 중력식 또는 반중력식 옹벽에서 보수적인 설계를 위하여 벽마찰각을 고려하지 않아야 할 경우이거나 옹벽의 뒤꿈치가 긴 역T형이나 L형과 같은 캔틸레버식 또는 부벽식 옹벽의 경우는 <그림 4(b)> 및 <그림 4(c)>에서와 같이 옹벽의 뒤꿈치에 연직으로 가상벽면이 형성되는 것으로 가정하여 Rankine 토압을 적용하며, 작용방향은 지표면 경사와 일치하는 것으로 간주한다. 토압의 합력 P_a 은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \quad (2)$$

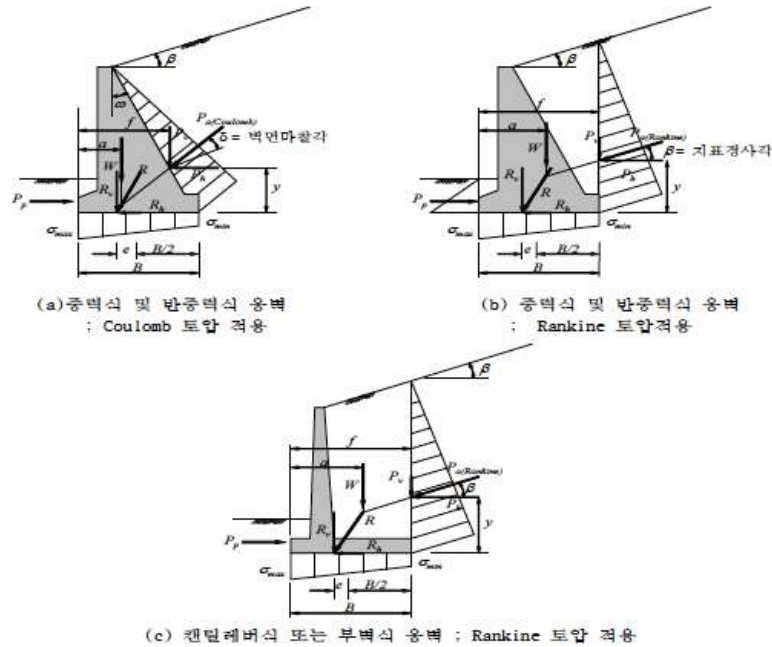
여기서, γ : 흙의 단위중량
 H : 옹벽의 높이
 K_a : 주동토압계수

이때, Rankine 또는 Coulomb 주동토압계수는 각각 <식 (2)> 및 <식 (4)>와 같다.

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (3)$$

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \omega)}{\cos^2 \omega \cos(\omega + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{-\cos(\omega + \delta) \cos(\omega - \beta)}} \right]^2} \quad (4)$$

여기서, ω : 수직선으로부터 옹벽 배면의 경사도
 ϕ : 배면흙의 내부마찰각
 δ : 외적안정 계산시의 벽면마찰각
 β : 상재성토비탈면의 경사도



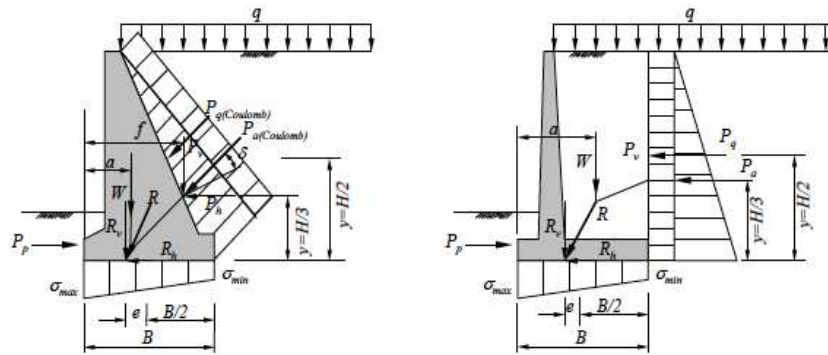
R : 합력 R_v : 모든 수직력의 합력 R_h : 모든 수평력의 합
 H : 옹벽의 높이 B : 옹벽 저판의 폭 e : 편심거리
 δ : 벽마찰각 β : 옹벽상부 지표경사각
 W : 옹벽의 무게(캔틸레버식 옹벽에서는 저판 위의 흙까지 포함)
 P_a : 주동토압의 합력(P_v , P_h : 주동토압의 연직, 수평 분력)
 a : 옹벽 앞굽에서 W 까지의 모멘트 팔길이
 f : 옹벽 앞굽에서 주동토압(P_a)의 작용점까지의 수평거리
 y : 옹벽 앞굽에서 주동토압(P_a)의 작용점까지의 연직거리

그림 4. 안정해석 시 토압적용 방법

옹벽의 안정성 검토에 사용하는 토압은 어느 한 이론으로 통일하여 적용하거나 Coulomb 토압이론을 적용하는 것이 더 경제적이라는 생각은 잘못이며, 옹벽의 실제 거동에 맞는 토압을 선택하여 적용하는 것이 타당할 것이다. 실용상 옹벽의 거동과 계산의 편의성 등을 고려하여 보통의 경우 중력식과 반중력식 옹벽의 경우에는 옹벽배면에 Coulomb 토압을 적용하고, 캔틸레버식 옹벽이나 부벽식 옹벽의 경우에는 저판배면을 지나는 가상배면에 Rankine 토압을 적용한다.

옹벽 상부에 등분포하중이 작용하는 경우에는 <그림 5>에서와 같이 추가토압을 고려하며, 등분포하중(q)에 의한 토압의 합력 P_q 는 다음과 같이 계산된다.

$$P_q = qHK_a \quad (5)$$



(a) Coulomb 토압 적용

(b) Rankine 토압 적용

그림 5. 등분포상재하중의 고려방법

② 시행썰기법

옹벽 상부의 지표면이 수평이거나 무한비탈면인 경우에는 Rankine 토압이론이나, Coulomb 토압이론을 적용하여 옹벽에 작용하는 토압을 계산할 수 있으나, <그림 6>에서와 같이 비탈면의 상부가 수평인 경우에는 시행썰기법을 사용하여 토압을 계산하는 것이 더 정확하다. 시행썰기법은 Coulomb의 썰기이론에 근거한 방법으로서, <그림 6>에서와 같이 여러 개의 파괴썰기를 가정하고, 힘의 다각형으로부터 토압이 최대가 되는 파괴썰기를 찾아 이때의 토압을 주동토압으로 한다. 시행썰기법을 적용하는 경우 토압의 작용방향은 다음 <그림 6>에서와 같이 썰기의 상부의 2등분점 A와 수직선(가상벽면)이 비탈면과 만나는 점 B를 연결한 선과 평행하게 작용하며, 이 선의 경사각 i 가 ϕ 보다 큰 경우에는 $i = \phi$ 로 한다. 또한 등분포상재하중이 있는 경우에는 q/γ 만큼 성토가 더 있는 것으로 보고 계산한다.

$$P_A = \frac{W \sin(\alpha - \phi)}{\cos(\alpha - \phi - i)} \quad (6)$$

$$k_a = \frac{2P_a}{\gamma H^2} \quad \left(P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \right) \quad (7)$$

여기서, P_a : 수직선으로부터 옹벽 배면의 경사도

W : 배면흙의 내부마찰각

α : 외적안정 계산시의 벽면마찰각

ϕ : 상재성토비탈면의 경사도

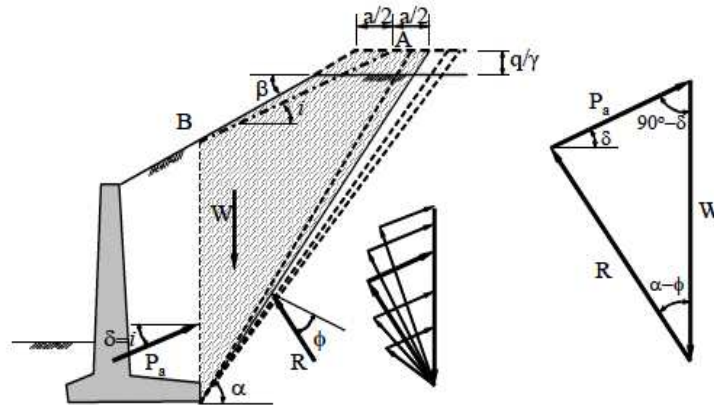


그림 6. 시행썰기법에 의한 토압계산

<그림 6>에서의 기호는 다음과 같다.

K_a : 주동토압계수

i : 토압의 작용방향

R : 썰기파괴면의 반력

q : 상재등분포하중

여기서 토압의 작용방향 i 는 옹벽의 가상벽면이 수평한 부분에 있는 경우에는 수평방향이며, 가상벽면과 썰기파괴면이 모두 비탈면상에 있는 경우에는 비탈면의 경사와 동일하다.

(4) 수압

옹벽설계시 배면수가 원활하게 배수될 수 있도록 설계하여 옹벽에 수압이 부과되지 않도록 해야 한다. 다만, 특수한 경우나 공공의 안전에 지대한 영향이 있다고 판단될 경우에는 수압을 고려하여 설계할 수 있다.

(5) 풍하중

옹벽의 방음벽 설계에 적용하는 풍하중의 크기는 1.47 kN/m^2 를 적용하되, 풍하중을 저감시킬 수 있는 구조의 방음벽은 이 값을 감소시켜 적용할 수 있다. 참고로 「도로교 설계기준(국토해양부, 2010)」에서는 설계기준풍속에 따른 풍하중의 크기를 다음과 같이 제시하고 있다.

$$p = 5 \times 10^{-7} \rho V_d^2 C_d G \quad (8)$$

여기서, P : 단위면적당 작용하는 풍하중(kN/m^2)

ρ : 공기의 밀도($= 1.225 \text{ kN}\cdot\text{s}^2/\text{m}^3$)

V_d : 설계기준풍속(m/s)

C_d : 항력계수

G : 거스트 응답계수(순간풍속변동의 영향을 보정하기 위한 계수)



3. 설계

(1) 안정검토

모든 옹벽은 <그림 7>에서와 같이 옹벽 저면을 따른 활동, 옹벽의 선단을 중심으로 한 전도, 기초 지반의 지지력 및 침하에 대하여 안정성을 확보할 수 있도록 설계되어야 한다.

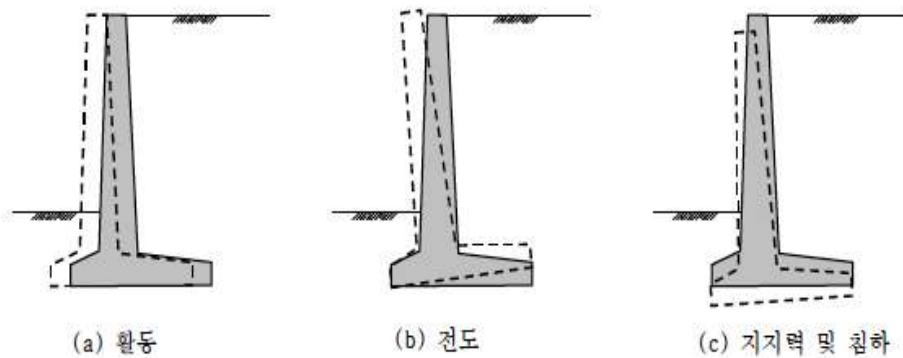


그림 7. 옹벽의 안정성 검토

① 활동에 대한 안정

옹벽은 옹벽 배면에 작용하는 토압의 수평성분에 의해서 수평방향으로 활동하려는 특성을 지닌다. 이 경우 옹벽 바닥 면에서의 저항력이 충분히 확보되어야 하며, 활동에 대한 안전율은 <식 (9)>로부터 구한다.

$$F_s = \frac{R_v \tan \delta + c_a B}{R_h} \geq 1.5 \quad (9)$$

여기서, R_v : 모든 연직력의 합(kN/m)

R_h : 모든 수평력의 합(kN/m)

δ : 옹벽 저판과 지지지반 사이의 마찰각 (<표 4> 참고)

C_a : 옹벽 저판과 지지지반 사이의 부착력(kN/m²) (<표 5>참고)

B : 옹벽 저판의 폭(m)

옹벽저판과 지지지반 사이의 마찰계수 $\tan \delta$ 와 점토의 종류에 따른 옹벽 저판과 지지지반 사이의 부착력 c_a 는 각각 <표 4>과 <표 5>를 참고할 수 있으며, 정확한 값은 현장지반에 대한 시험을 통하여 얻을 수 있다. 옹벽 저판은 동결심도 아래에 설치되는 것이 원칙이며 동결심도가 얇은 지반이라 하더라도 지표면 아래로 최소한 1m 이상의 깊이에 설치한다. 옹벽의 안정에 대하여 수동토압은 옹벽 선단부에 작용하여 활동에 대한 저항력을 제공할 수 있으나, 비록 저판이 소요깊이를 확보하더라도 다음과 같은 이유로 수동토압에 의한 저항을 무시한다.

- 가. 수동토압이 발생하기 위해서는 상당한 옹벽의 변위가 필요하다.
- 나. 우수나 유수에 의해 옹벽앞굽 주변의 흙이 세굴될 수 있다.
- 다. 옹벽앞굽 주변은 다시 메운 흙으로서 초기에는 충분한 강도를 기대하기 곤란하다. 만약 저판과 흙 사이의 마찰력이나 부착력에 의한 저항만으로 활동에 대한 안정이 제대로 얻어지지 못할 경우에는 <그림 8(a), (b)>와 같이 저판 바닥 면에 돌출부를 설치하거나 <그림 8(c)> 와 같이 말뚝을 박아 활동에 대한 저항력을 증대시키기도 한다.

표 4. 옹벽 저판과 지지 지반 사이의 마찰계수

흙의 종류	저면 마찰각	마찰계수
실트와 점토를 함유치 않은 조립토	29°	0.55
실트를 함유한 조립토	24°	0.45
점토를 함유한 조립토*	19°	0.35

* 이러한 종류의 흙이 존재하는 경우 옹벽이 활동에 대해 불안정하므로, 옹벽 저판 밑의 흙을 두께 100mm의 모래나 자갈로 치환하는 것이 좋다.

표 5. 점토의 종류에 따른 옹벽 저판과 지지 지반 사이의 부착력(c_a)

점토의 종류	점착력 (c , kN/m^2)	부착력 (c_a , kN/m^2)
매우 연약한 점성토	0 ~ 11.76	0.55
약한 점성토	11.76 ~ 23.52	0.45
중간 정도의 견고한 점성토	23.52 ~ 48.02	0.35
견고한 점성토	48.02 ~ 96.04	36.26 ~ 45.08
매우 견고한 점성토	96.04 ~ 192.08	45.08 ~ 62.72

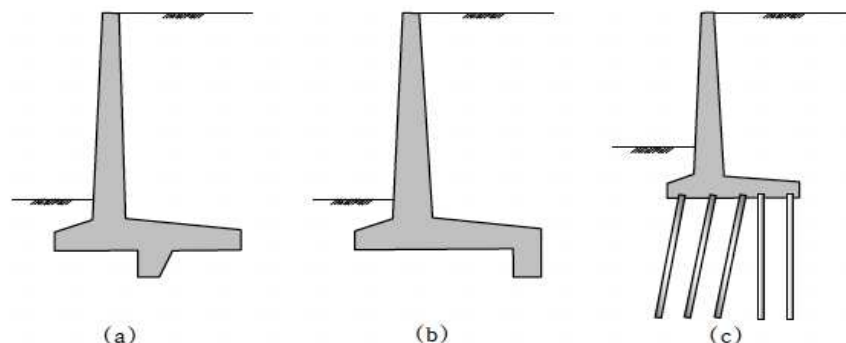


그림 8. 옹벽의 활동방지를 위한 방법



돌출부는 일반적으로 <그림 8(a)>와 같이 저판 중앙부에 설치하는 경우가 많지만, <그림 8(b)>와 같이 뒤꿈치에 설치하면 활동저항에 더욱 효과적이다. 돌출부는 단단한 지반이나 암반에 지반을 흐트러뜨리지 않고 지반에 밀착되도록 시공해야만 그 효과를 기대할 수 있다.

수동토압을 고려하는 경우의 안전율은 <식 (10)>로부터 구하며 그 값은 2.0 이상이 되어야 한다.

$$F_S = \frac{R_v \tan \delta + c_a B + P_p}{R_h} \geq 2.0 \quad (10)$$

돌출부가 있는 경우의 안전율은 <식 (11)>로 결정한다.(<그림 9> 참조)

$$F_S = \frac{F}{P_h} \geq 2.0 \quad (11)$$

점성토 : $F = (W + P_v) \tan \delta + c_a (B - \overline{a_1}b + c(\overline{a_1}b)) + P_p$

사질토 : $F = (W + P_v) \tan \delta + P_p$

여기서, c : 기초 지반의 점착력

C_a : 콘크리트와 기초 지반과의 부착력

B : 옹벽저판의 폭

P_p : 옹벽 전면의 수동토압(동상깊이 아래 부분만 고려)

δ : 기초 지반과 콘크리트의 마찰각

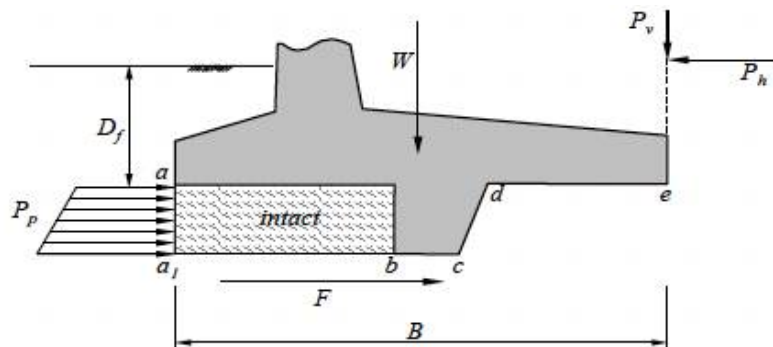


그림 9. 옹벽의 활동방지를 위한 돌출부

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma \overline{aa_1}^2 K_p + \gamma D_f \overline{aa_1} K_p \quad (12)$$

여기서, K_p : 수동토압계수($K_p = \tan^2 (45^\circ + \phi/2)$)

D_f : 지표에서 옹벽 저면까지의 깊이

$\overline{aa_1}$: 돌출부의 높이

② 전도에 대한 안정

옹벽은 횡방향 토압으로 인해 저판의 앞굽을 중심으로 회전하여 전도되려 하므로 옹벽은 이에 대한 저항이 충분해야 한다. 전도에 대한 안전율은 <식 (13)>으로 계산하며 2.0 이상이어야 한다.

$$F_s = \frac{M_r}{M_o} \geq 2.0 \quad (13)$$

여기서, M_o : 전도모멘트의 합

M_r : 저항모멘트의 합

$$F_s = \frac{W \cdot a}{-P_h \cdot y - P_v \cdot f} \quad (14)$$

여기서, P_h : 토압 합력의 수평성분

P_v : 토압 합력의 수직성분

f : 옹벽앞굽에서 주동토압(P_a)의 작용점까지의 수평거리

y : 옹벽앞굽에서 주동토압(P_a)의 작용점까지의 연직거리

다음과 같은 경우 전도에 대해서 안전하다.

- 가. 토압합력 P_a 의 방향이 옹벽 저판 중앙 1/3(지진 시에는 2/3) 이내를 통과하는 경우
- 나. 기초 지반이 암반(연암이상)일 때 토압 합력이 중앙 1/2 이내에 있는 경우

③ 지지력 및 침하에 대한 안정

<그림 4>의 기초 지반에 작용하는 최대압축응력(q_{max})이 기초 지반의 허용지지력(q_a)을 초과한다면 기초 지반의 지지력에 대한 안정을 유지할 수 없다. 지지력에 대한 안정은 <식 (15)>에 의해 검토한다.

$$q_{max} \leq q_a \quad (15)$$

한편 저판 아래의 압력이 <그림 4>와 같이 직선분포를 한다고 가정하면 저판이 받는 최대 및 최소압축응력은 <식 (16)>로 계산한다.

$$q_{max} = \frac{R_v}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \quad (16a)$$

$$q_{mix} = \frac{R_v}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) \quad (16b)$$

이 때, 편심은 저판의 임의점(옹벽앞굽 또는 뒷굽)에 대한 모든 힘들의 1차 모멘



트를 취하여 이를 합력 R 로 나누어 구한다. 기초 지반의 허용지지력(q_a)은 일반적으로 극한지지력(q_{ult})을 안전율 3.0으로 나눈 값을 사용한다.

지반의 극한지지력은 얇은 기초의 지지력공식 등을 적용하여 평가하며, 얇은 기초로는 옹벽의 소요지지력을 얻을 수 없는 경우에는 말뚝기초나 원지반의 치환 또는 개량(안정처리) 등의 공법을 적용하여 소정의 소요지지력을 확보해야 한다. 말뚝기초를 사용하는 경우에는 얇은 기초의 지지력은 무시하고 말뚝의 지지력만을 사용한다. 기초의 지지력에 대한 안정성의 검토에서는 지지력에 대한 안전율 뿐만 아니라 기초의 침하에 대해서도 검토해야 한다. 옹벽의 허용침하량은 인접 토공 또는 구조물의 허용침하기준을 만족해야 하며, 침하량 산정은 일반적인 기초 침하량 산정방법에 따른다. 옹벽의 부등침하(침하량/구조물의 길이 : 부등침하량)는 0.003 이하로 한다.

④ 옹벽을 포함한 전체 안정성

지반전체 안정성이란 옹벽구조물 뿐만 아니라 옹벽기초 아래 및 옹벽 벽체 뒤의 지반이 포함된 전체의 안정성을 의미한다. 특히 옹벽이 비탈면에 축조되는 경우 전체 안정성이 문제될 수 있으며 이에 대한 평가를 위해서는 현장에 대한 토질조사 및 시험을 바탕으로 한 안정성 해석이 필요하다. 전체안정성의 해석에는 수정 Bishop법, Janbu의 간편법, Spencer방법 등이 적용될 수 있다.

<그림 10>은 전체지반의 여러 가지 파괴형상을 나타낸다. 이와 같은 활동면에서는 적어도 1.5 이상의 안전율을 확보해야 한다.

지반 전체 안정성 검토결과 안전율이 규정된 값 1.5 이상 얻어지지 않는 경우에는
가. 기초 슬래브 밑 활동방지벽의 추가
나. 기초 지반고의 하향 조정
다. 말뚝기초 적용 등을 검토한다.

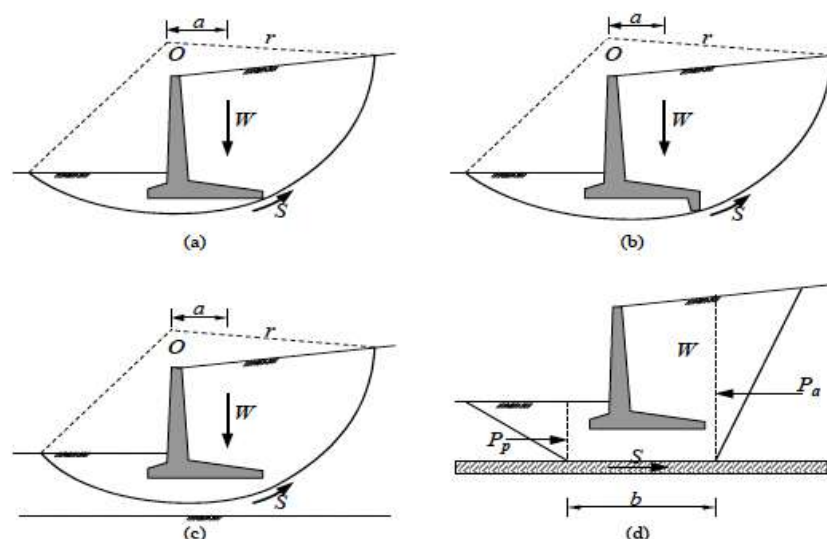


그림 10. 여러 가지 전반활동 파괴형태

(2) 부재 설계시의 적용토압

옹벽 부재의 설계는 관련 구조물 설계기준과 철근콘크리트 시방에 따라 설계해야 한다. 다만, 부재설계 시 적용하는 토압은 옹벽의 높이에서 저판의 두께를 제외한 순수한 벽체 높이에만 토압이 작용하는 것으로 간주하며, 종류별로 설명하면 다음과 같다.

① 중력식과 반중력식 옹벽

중력식 또는 반중력식 옹벽에 대해서는 <그림 11>에서와 같이 옹벽 배면에 대하여 Coulomb 토압을 적용하고 그 작용방향은 벽체 배면의 수직선에 대하여 벽면 마찰각만큼 기울여 작용시킨다. 그러나 중력식 또는 반중력식 옹벽에 대해서는 특별히 부재설계를 할 필요가 없는 경우가 대부분이다.

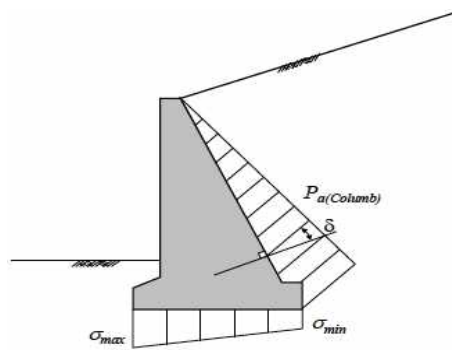
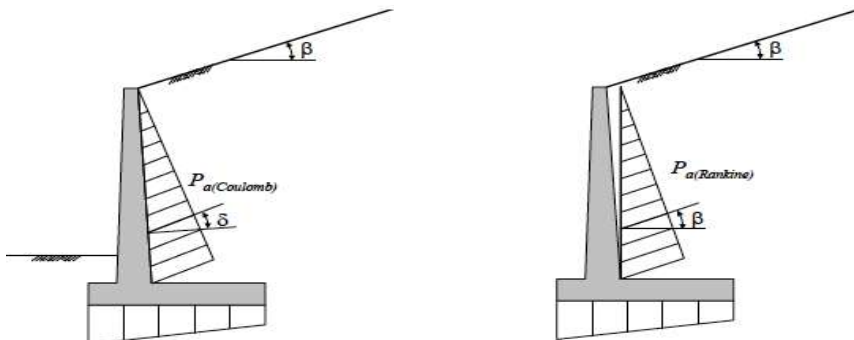


그림 11. 중력식 옹벽 부재력 계산시 토압적용

② 캔틸레버식 옹벽(역T형과 L형)

가. 연직방향의 벽체와 수평방향의 저판 슬래브는 일반적으로 캔틸레버로 가정하여 설계한다.

나. 역T형이나 L형 옹벽의 벽체 설계 시에는 <그림 12(a)>에서와 같이 벽면마찰을 고려하는 Coulomb 토압을 적용한다. 그러나 실제로 벽체와 뒤채움 흙 사이에는 전단력이 크지 않으므로 이를 무시할 수 있어, <그림 12(b)>에서와 같이 가상수직면에 Rankine 토압을 적용할 수 있으며, 이 경우 다소 과다설계가 되지만 계산이 단순하고 편리하다



(a) Coulomb 토압 적용시

(b) Rankine 토압 적용시

그림 12. 캔틸레버식 옹벽의 부재력 계산시 토압적용



③ 부벽식 옹벽

부벽식 옹벽의 부재설계에 적용하는 토압은 캔틸레버식 옹벽과 동일하다.

(3) 구체의 설계

① 중력식 옹벽

중력식 옹벽은 구체의 자중에 의해 토압을 지지하는 형식으로, 보통 무근콘크리트로 설계한다.

구체의 각 수평단면에서 그 단면보다 상부에 작용하는 토압과 자중에 의해 발생하는 응력 및 앞판에 발생하는 응력이 콘크리트 허용응력도 이하가 되도록 검토한다. 특히 단면형상이 급변하는 부분에서는 주의한다.

전면(노출면)의 경사는 1:0.02, 1:0.1, 1:0.2, 1: 0.3으로 구분하고 옹벽상단의 최소두께는 350mm 이상으로 하고 철근은 배근하지 않는다. 활동방지벽의 최소두께는 400mm 이상이며 전단철근이 필요하지 않는 두께 이상으로 한다.

② 반중력식 옹벽

토압과 자중의 합력에 의해 옹벽단면 내에 생기는 인장응력은 모두 철근이 받게 한다. 반중력식 옹벽은 중력식 옹벽과 같이 자중에 의해 토압을 지지하는 형식의 것으로 지형상태, 기타 물리적 제약에 의해 중력식 옹벽의 경우보다 벽체 두께를 얇게 할 경우에 적용한다. 설계법은 중력식 옹벽과 같지만 토압과 자중의 합력에 의해 구체 단면에 생기는 인장력을 부담시키기 위해 구체 내에 필요한 양의 철근을 배근한다.

가. 벽체

벽체전면(노출면)의 경사는 1:0.02로 하고 옹벽상단의 최소폭은 300mm, 하단은 최소철근으로 배치하도록 단면을 설계한다.

$\sigma_i < 0$ 즉 인장부가 발생하면 인장부의 응력을 철근이 부담하도록 인장철근을 배근한다.

벽체와 기초의 연결부에는 헌치를 설치하지 않는다.

나. 저판

옹벽에 상면토사를 유효하게 작용시키며 안정을 확보한다. 저판은 단면두께를 변화시키지 않고, 최소두께는 400mm 이상이며 전단철근이 필요하지 않는 두께 이상($0.1H \sim 0.15H$)으로 최소철근으로 배치하도록 설계한다.

다. 활동방지벽

최소두께는 400mm 이상이며 전단철근이 필요하지 않는 두께 이상으로 한다.

③ 비자립형 옹벽

비자립형 옹벽은 원지반 혹은 뒤채움 흙 등의 지지를 받으면서 자중에 의해 토압에 저항하는 형식의 옹벽으로, 설계법은 중력식 옹벽, 반중력식 옹벽에 따른다.

비자립형 옹벽은 다른 옹벽과 비교해서 구체단면에 대한 저판폭이 적고 기초에의

지반반력이 커지기 때문에 암반 등의 견고한 지지지반상에 설치되는 것이 바람직하다.

또한, 비자립형 옹벽은 비탈면 등에 설치되는 경우가 많기 때문에 특히 활동과 전체적으로 안정성이 확보되도록 주의할 필요가 있다. 보통 비자립형 옹벽은 중력식 옹벽과 같은 방법에 의해 안정검토를 한다. 계곡부를 횡단하는 경우 등 높이가 연속적으로 변화하는 비자립형 옹벽을 설치하는 경우, 전도에 관한 안정검토를 하면 부분적으로 합력작용점이 저판중앙의 소정의 범위를 후방으로 벗어나는 경우가 있다. 비자립형 옹벽이 암반 등 양호한 기초지반상에 설치되어 있고 또 옹벽의 배후에 근접하여 안정된 원지반이 존재하는 등 작용토압이 적은 경우에는 일부 단면에서 옹벽의 합력의 작용점이 소정의 범위를 후방으로 벗어나 있어도 저판내에 있으면 옹벽이 후방으로 쓰러지는 일은 없다고 판단해도 좋다.

단, 이 경우에도 합력작용점의 편심거리를 산정하고 지반반력도에 대한 지반의 지지력에 관한 안정검토와 함께 구체내부에 발생한 인장응력에 대해서 검토할 필요가 있다.

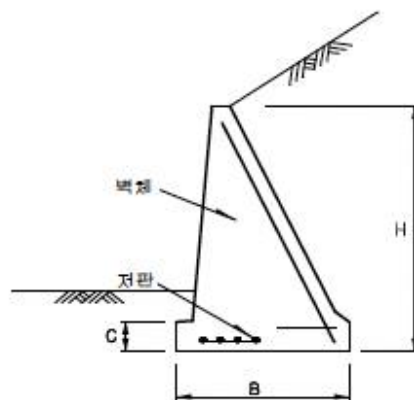


그림 13. 반중력식 옹벽의 예

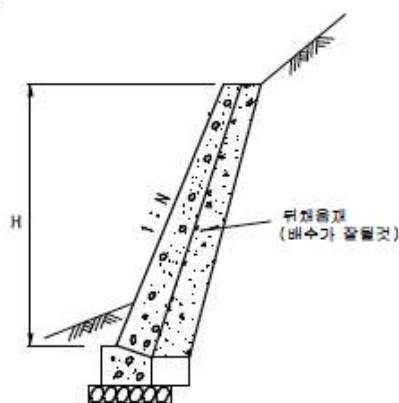


그림 14. 비자립형 옹벽의 예



④ 캔틸레버 옹벽

캔틸레버식 옹벽은 그것을 구성하는 벽체와 저판의 각각이 외력에 대해 캔틸레버 보로서 저항하는 구조이고 벽체의 위치에 따라 역T형 옹벽, L형 옹벽 및 역L형 옹벽의 3가지 형식으로 분류된다. 이들 형식은 설치장소의 조건에 따라 분류되어 사용되고 보통은 균형잡힌 역T형 옹벽이 이용된다. L형 옹벽은 용지경계에 접해 있는 등 앞판을 설치할 수 없을 때, 역L형 옹벽은 뒤판을 설치함으로써 배면지반의 절토량이 많아지는 경우와 옹벽배면에 근접구조물 등이 있어 뒤판을 설치할 수 없을 때에 채용되는 경우가 많다.

캔틸레버 옹벽은 철근콘크리트 구조이고 뒤판위의 뒤채움 흙이 자중으로서 옹벽의 안정에 기여하기 때문에 중력식 옹벽에 비해 콘크리트 사용량이 적어진다.

가. 벽체

(가) 벽체는 수평토압에 대하여 저항하며 전면의 공간확보를 목적으로 설치한다.

(나) 벽체 전면(노출면)의 경사는 1:0.02로 하고 옹벽 상단의 최소폭은 300mm, 하단부는 최소폭 400mm로 전단철근이 필요하지 않는 단면 이상($0.1H \sim 0.15H$)으로 한다.

(다) 벽체와 기초의 연결부에는 헌치를 설치한다.

나. 저판

(가) 옹벽에 상면 토사를 유효하게 작용시키며 활동, 전도 및 지지력에 대한 안정을 확보한다.

(나) 저판은 필요단면, 경제성, 구조적 안전성을 고려하여 저판폭의 길이에 따라 단면 두께를 변화시키되 최대경사는 15% 이내로 한다.

(다) 저판의 최소두께는 400mm 이상이며 전단철근이 필요하지 않는 두께 이상($0.1H \sim 0.15H$)으로 한다.

(라) 역T형 옹벽의 앞굽의 폭은 $B/10$ 이상 $B/3$ 이하로 한다. 또한 앞굽의 폭은 변단면 옹벽의 시공성 등을 감안하여 옹벽높이 또는 뒤채움 흙의 높이가 증가할 때 감소시키지 않는다.

다. 활동방지벽

(가) 옹벽의 활동면을 변화시켜 활동에 대한 저항력을 증가시킨다.

(나) 활동방지벽의 최소두께는 400mm 이상이며 전단철근이 필요하지 않는 두께 이상으로 한다.

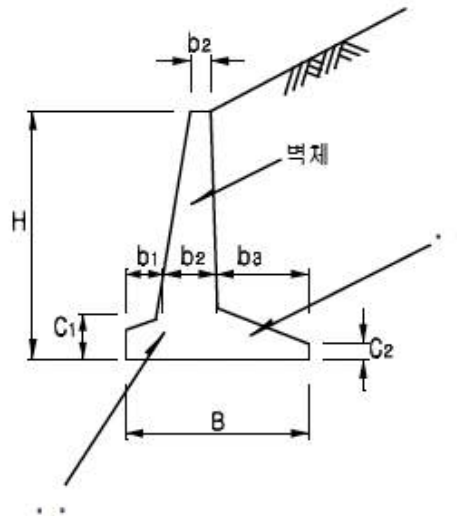


그림 15. 역T형 옹벽의 예

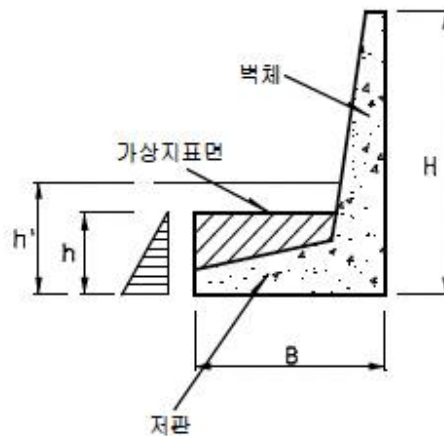


그림 16. 역L형 옹벽의 예

⑤ 뒷부벽식 옹벽

- 가. 벽체는 뒷부벽으로 지지된 연속판이 토압의 수평분력에 저항하도록 설계한다.
- 나. 전면벽과 뒷굽판 사이에 인장재로서 작용하는 뒷부벽을 설치한 뒷부벽식 옹벽에서는 전면벽과 뒷부벽이 토압에 의한 휨모멘트에 대해서 T형보로 설계하고, 전면벽이나 저판은 뒷부벽을 지점으로 하는 2방향 슬래브로서 설계한다.
- 다. 기초는 뒷부벽으로 지지된 연속판으로서 저판 위의 흙의 중량, 토압의 연직 분력, 지표면의 상재하중, 저판의 중량 및 지반 반력을 고려하여 설계한다.
- 라. 기초의 앞판 설계는 캔틸레버 옹벽에 준한다. 벽체 및 기초의 양쪽 단부는 부벽에 지지된 캔틸레버보로 설계한다.
- 마. 전면벽의 하부는 2방향 연속슬래브로서 작용한다고 보아 단면설계를 하지만, 동시에 벽체로서 또는 캔틸레버로서도 작용하므로 연직방향으로 상당한 양의 가외철근을 넣어야 한다.

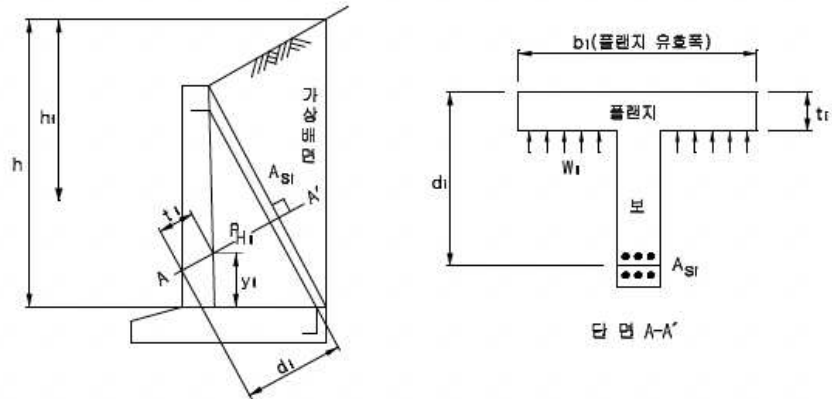


그림 17. 뒷부벽식 옹벽 예

⑥ 앞부벽식 옹벽

가. 앞굽판과 전면벽 사이에 압축지지재로서 작용하는 앞부벽을 설치한 앞부벽식 옹벽에서는 앞부벽을 역T형 직사각형으로, 전면벽을 2방향 연속슬래브로 보아 설계하는데, 여기서도 벽체의 하부에는 가외철근으로 보강해야 한다.

나. 앞부벽, 벽체, 기초의 설계에 있어서 외력의 고려방법은 뒷부벽식 옹벽에 준한다.

⑦ U형 옹벽

측벽과 저판이 일체가 되어 U자형 또는 그와 유사한 형상을 가진 반지하식 옹벽으로 입차교차점의 설치부 등에서 지하수위 이하에 노면을 설치할 필요가 있는 경우에 이용된다.

가. 구체의 형상

측벽과 저판으로 이루어진 U형 옹벽과 측벽 사이에 스트럿을 설치한 스트럿부착 U형 옹벽 등이 있고 측벽 높이, 지반조건, 시공조건 등을 고려하여 적절한 구체형상을 선정한다.

나. 측벽

U형 옹벽의 측벽 설계는 캔틸레버 옹벽의 벽체에 준하여 실시하고, 측벽에 작용하는 토압과 수압의 연직성분 및 측벽의 자중은 무시한다. 설계에 이용하는 토압은 보통의 U형 옹벽에서는 주동토압, 스트럿부착 U형 옹벽에서는 정지토압을 이용한다.

다. 저판

U형 옹벽의 저판은 다른 형식의 옹벽에 비해 저판폭이 넓기 때문에 탄성바닥보로서 설계하는 것이 좋다. 이 경우, 측벽의 하단에 측벽의 자중 및 토압과 수압의 연직성분에 의한 연직하중과 토압과 수압의 수평성분에 의한 모멘트를 작용시킨다. 또, 저판에 작용하는 하중으로서 포장을 포함한 저판자중, 양압력, 중간채움흙의 자중 등을 고려한다. 그리고 저판중앙부에 대해서는 측벽하단의 휨모멘트 유무에 의해 응력 상태가 달라지는 경우가 있으므로 옹벽시공시의 안전성에 대해

서도 검토한다.

라. 양압력에 대한 검토

지하수위가 높은 위치에 U형 옹벽을 설치하는 경우는 양압력에 대한 안정 검토가 중요하다. 이 경우, 사전에 지하수위의 위치를 파악할 필요가 있지만 보링공과 주변의 우물 등의 관측결과로부터 설계에 이용하는 지하수위를 결정한다. 또, 해안선에 가까운 매립지 등에서는 만조위를 기준으로 양압력을 산출하고 하천 등의 영향으로 지하수위 변동이 큰 장소에서는 최고수위를 파악하여 설계에 이용한다.

(4) 기타 특수형식의 흙막이벽

① 특수형식의 흙막이벽을 이용하는 경우에는 그 특성을 고려하여 현장의 조건에 맞는 형식의 것을 선정해야 한다. 어떠한 형식에 있어서도 설계상 여러 가지 문제에 대한 가능성이 있을 때는 그 영향에 대하여 검토해야 한다.

② 타이바(Tie Bar)식 옹벽

토압을 타이바(인장강재)에 부담시키는 형식인데 옹벽에 작용하는 토압 및 타이바의 수평력의 분담은 시공순서, 옹벽의 변형, 타이바의 신장이나 휨 등에 의해서도 크게 달라진다. 또 쌓기의 침하에 의해 타이바가 변형하면 과도한 응력이 발생하므로, 쌓기에 의한 압밀침하가 생기는 지반에서는 사용해서는 안된다. 한편 타이바의 부식에 대해서도 검토가 필요하다.

③ 말뚝식 흙막이벽

말뚝식 흙막이벽에는 엄지말뚝(H 형강, 강관 및 PHC말뚝)과 널말뚝, 현장타설말뚝(주열식, SCW, SPW 등) 및 지하연속벽 등이 있으며 자립식과 버팀대, 앵커 등으로 지지되는 형식이 있다. 널말뚝은 일반적으로 강성이 적으므로 토압에 의해 변형하기 쉽고 특히 자립식은 지표부근의 지반에 큰 수평지지력을 기대하므로 수평변위량이 크게 된다. 배수공을 만들지 않는 경우에는 수압을 고려해야 한다.

④ 박스식 흙막이벽

일반적으로 원지반의 경사지, 연약지반상 쌓기의 흙막이 등 조건이 열악한 위치에 이용되는 예가 많다. 박스식 흙막이벽은 배수, 통수가 매우 좋고 시공이 용이하고 빠르며 지반변형에 대해 유연한 구조적 장점이 있다.

(5) 기초의 설계

① 직접기초

가. 설계일반

옹벽의 직접기초는 양질의 기초지반위에 설치하고 연직하중은 직접기초저면의 원지반만으로 지지시키는 것으로 한다. 지층은 연약하지만 비교적 얇은 위치에 양질의 지지층이 있는 경우에는 지지층까지 근입시키는 방법 외에 안정처리와 양질토에 의한 치환을 하여 개량지반을 형성하고 이를 기초지반으로 하여 그 위에 직접기초를 설치하는 방법이 있다.



나. 개량지반(안정처리, 치환)상의 직접기초

개량지반상의 직접기초는 비자립형 옹벽 등의 견고한 지지지반을 전제로 한 구조형식의 옹벽에는 이용하지 않는다. 또한, 구조물로서의 중요도가 높은 옹벽에 이용하는 경우에는 신중한 검토가 필요하다. 직접기초의 기초지반을 개량하는 것은 크게 다음 3가지 경우가 있다.

- (가) 표층에 연약층이 있고 양호한 지지층이 비교적 얇은 위치(2~3m 정도 이하)에 있어 연약층의 전체두께를 개량하는 경우
- (나) 연약층이 두텁고 양호한 지지층이 깊은 위치에 있어 연약층의 두께의 일부를 개량할 경우(하중에 의한 지중응력도가 연약지반의 허용응력도 이하가 되는 깊이까지 연약층을 개량하는 경우)
- (다) 연약층이 두텁고 양호한 지지층이 깊은 위치에 있어 심층혼합처리 등에 의해 양호한 지지층까지 연약층의 전체두께를 개량하는 경우

다. 치환콘크리트

직접기초의 일부에 기초지반으로서 부적합한 지반이 존재하는 경우와 비탈면위에 직접기초를 설치하는 경우에는 그 부분을 굴착하여 콘크리트로 치환한다.

비탈면상의 직접기초에서는 굴착토량을 삭감하기 위해 저판에 단차를 둔다. 치환콘크리트의 강도는 기초지반의 강도와 동등하게 한다.

또한, 치환콘크리트가 기초저면에 차지하는 비율이 비교적 큰 경우와 저판밑을 모두 콘크리트로 치환해 버리는 것은 구조적, 경제적으로 바람직하지 않은 경우가 있기 때문에 치환기초의 범위도 어느 정도 제한하는 것이 바람직하다.

② 말뚝기초

가. 설계일반

말뚝기초에 작용하는 연직하중 및 수평하중은 말뚝만으로 지지하고 이들 하중에 의해 발생하는 각 말뚝두부의 축방향반력은 말뚝의 허용지지력을 넘어서는 안 된다. 또한, 말뚝은 상시에 인발력이 발생하지 않도록 말뚝배치를 한다. 지진시 검토를 하는 경우는 교대의 기초에 말뚝기초를 이용한 경우와 마찬가지로 설계하고 지진시에 의한 내진설계는 하지 않아도 좋다.

말뚝두부변위에 대해서는 일반 옹벽에서는 교량기초처럼 상부구조에서 정한 허용변위량을 규정할 필요가 없다고 생각할 수 있으므로 말뚝두부에서의 허용변위량은 규정하지 않기로 한다. 다만, 지진 영향을 고려하여 설계하는 경우와 건축한계, 주변상황 등을 고려하여 변위를 규제할 필요가 있는 경우 등은 변위에 대해서 별도 고려한다.

나. 말뚝형식 선정

말뚝기초는 그 지지형태에 따라 지지말뚝과 마찰말뚝으로 대별된다. 말뚝의 지지력은 말뚝선단에서의 저항력과 말뚝주면의 마찰력으로 이루어지는데 지지말뚝

은 말뚝선단이 양질의 지지층에 근입된 말뚝이고, 마찰말뚝은 선단이 양질의 지지층에 근입되어 있지 않은 말뚝이다. 이 경우 양질의 지지층이란 모래층과 자갈층에서는 대략 N 값이 30 이상, 점성토층에서는 대략 N 치가 20 이상(일축압축강도(q_u)가 400kPa 정도 이상)으로 본다.

옹벽의 경우, 흙쌓기의 일부로서 침하를 허용하는 것이 합리적인 경우도 있고, 변위에 대한 제약이 적은 경우와 양질의 지지층이 깊은 경우 및 하중규모가 적은 경우 등에는 마찰말뚝의 선정도 염두에 두고 말뚝형식을 선정한다.

또한, 중간에 압밀층 등 연약지반이 존재하는 경우는 옹벽의 뒤편 흙과 흙쌓기 시공에 의해 말뚝에 부마찰력이 작용하거나 측방유동압이 작용하는 경우도 있으므로 설계시 충분한 주의가 필요하다. 이 경우 대책공으로서 말뚝본체를 보강하는 방법, 지반개량공법, 흙쌓기하중경감공법 등이 있고, 각 공법의 특징을 감안하여 종합적으로 검토한다.

다. 저판의 설계

말뚝기초를 이용한 옹벽저판의 설계는 지반반력 대신에 말뚝반력을 작용시켜 실시한다. 다만, 저판의 두께는 교량의 기초처럼 강체로서 취급할 수 있는 두께를 가지고 있을 필요는 없고 부재로서 정한 두께를 가지고 있으면 좋다.

4. 배수계획

(1) 배수공

옹벽 배수는 지표면배수와 뒤편배수로 대별된다. 지표면배수는 우수 등의 지표면수가 뒤편 흙 속에 침투하는 것을 방지하는 것이며 뒤편배수는 뒤편층에 침입해온 물을 신속하게 배제하기 위한 배수공이다.

배수공의 설계에 있어서는 우선 옹벽배면과 지지지반에 물이 침투하는 것을 방지하는 것이 중요하다. 따라서 식생공과 콘크리트, 블록 등의 불투수층을 마련하여 지표면 수를 배수구로 집수시키거나 지하수위가 높은 경우에는 지하수 배수공을 설치하여 지하수의 유입을 방지할 필요가 있다.

그러나 이와 같은 대책을 강구한다 해도 물의 침투를 완전하게 막을 수는 없기 때문에 옹벽배면에 침투한 물을 배제하기 위한 뒤편배수공을 설치할 필요가 있다.

뒤편배수공에는 간이 배수공, 구형 배수공, 연속배면 배수공 등이 있고, 옹벽 규모와 뒤편층의 토질, 설치위치의 지형상황, 용수 유무 등에 따라 적절히 선정한다. 그리고 필요에 따라 옹벽의 횡단방향 배수에 대해서도 검토할 필요가 있다.

① 간이 배수공

간이 배수공은 뒤편 흙이 사질토 등으로 투수성이 좋은 경우에 이용되고 있다.

이 배수공은 <그림 18>에 있듯이 각 배수구멍 위치에 쇄석과 자갈 등 두께 500mm 정도의 수평배수층을 벽체 전길이에 걸쳐 설치하는 것이다. 또, 특히 용수량이 많은



경우는 구멍 뚫린 배수관을 병용하는 것이 좋다.

② 구형 배수공

구형 배수공은 투수성이 그다지 좋지 않은 뒤채움재를 이용하는 경우와 옹벽의 설치위치가 집수 지형으로 되어 있는 경우 등에 이용하면 좋다. 이 배수공은 <그림 19>에 있듯이 벽체하단 부근에서 배수구멍을 통해 용이하게 배수할 수 있는 높이의 위치에 벽체 전길이에 걸쳐 쇠석, 자갈 등으로 두께 500mm 정도의 수평한 배수층을 설치하고 동시에 벽체배면을 따라 옹벽상부부근까지 두께 300~400mm 정도의 연직배수층을 4~5m 간격으로 설치한다. 벽체의 배수구멍은 적어도 연직배수층과 수평배수층과의 각 교점마다 설치할 필요가 있다.

③ 연속배면 배수공

연속배면 배수공은 주로 블록쌓기옹벽에 사용되고 있으며, 구형 배수공과 마찬가지로 배면흠쌓기재가 점성토처럼 투수성이 나쁘고 또 옹벽의 설치위치가 집수 지형으로 되어 있는 경우 등에 이용하면 좋다. 이 배수공은 벽체배면의 전면에 걸쳐 쇠석 등으로 두께 300~400mm의 배수층을 설치하여 이 층의 전면에서 집수하고, 배수층 하단 및 벽체에 적당히 배치한 배수구멍을 통해 배수하는 방법이다.

④ 기타 배수공

옹벽 배면에 Drain Board(폴리스틸렌 일면 배수재)를 부착시키고 부직포로 Drain Board를 덮은 후 양질의 토사로 뒤채움을 하여 배면 토압의 증가를 억제하고 뒤채움흙의 동상과 동결에 따른 수축 팽창을 방지할 수 있다.

뒤채움재로 점성토를 사용하는 경우는 배수공이 뒤채움 흙에 의해 막히지 않도록 쇠석과 자갈, 토목섬유 배수재 등으로 의해 지하배수층을 설치하는 것이 바람직하다.(<그림 20>참조)

만약 흙이 팽창성 점성토인 경우에는 침투수에 의해서 흙의 팽창을 유발될 수 있으므로 이러한 흙은 뒤채움재로서 좋지 않으나 만약 부득히 사용할 경우 이중의 블랭킷 배수시설을 설치한다.(<그림 21> 참조) 또한, 특수한 배수공으로서 땅깎기부의 배수와 용수가 있는 장소의 배수공이 있다.(<그림 22>, <그림 23> 참조)

⑤ 배수구멍

배수구멍은 옹벽배면에 모인 물을 배수하기 위한 것으로 콘크리트옹벽에서는 옹벽 전면면에 용이하게 배수할 수 있는 높이의 범위내에서 5m 이내의 간격으로 설치한다. 그리고 부벽식 옹벽에서는 각 판넬마다 적어도 1개의 배수구멍을 설치한다. 또한, 블록쌓기 옹벽과 비자립형 옹벽에서는 뒤채움배수에 특히 주의가 필요하고, 배수구멍은 전면의 배수구보다 상부에서 2~3m²에 1개의 비율로 설치하는 것이 바람직하다.

배수구멍은 내경 50~100mm 정도의 경질염화비닐 등의 재료를 배수방향에 적당한 경사로 벽체에 묻어 설치하는 것이 좋다. 또한, 배수구멍 입구에 흡출방지재와 구멍

지름보다 큰 자갈과 쇠석을 설치하여 배수구멍을 통해 뒤채움 흙이 유출되지 않도록 배려할 필요가 있다.

⑥ 배수재

배수층의 재료로는 일반적으로 자갈과 쇠석 등의 석재가 사용되어 오고 있으며, 최근 옹벽배수용 토목섬유 배수재(예로서 지오텍스타일복합체)도 사용되고 있다. 토목섬유 배수재는 경량으로 취급과 시공이 용이하다는 특징을 가지고 있지만 사용에 있어서는 투수층으로서의 성능, 내구성, 환경조건, 설계시공법, 옹벽 종류 등을 충분히 검토한 후에 이용한다. 다만, 블록쌓기 옹벽은 그 구조안정상 뒤채움재에 자갈과 쇠석을 이용하는 것을 전제로 하고 있기 때문에 그 대체로서 토목섬유 배수재를 이용해서는 안 된다.

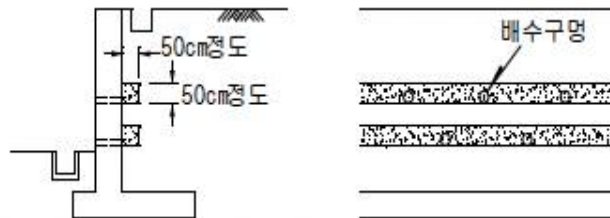


그림 18. 간이 배수공

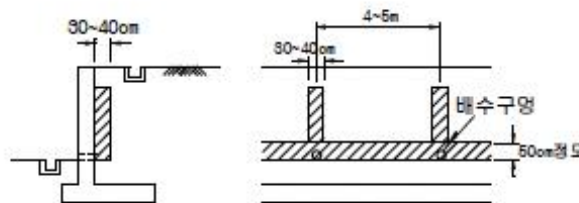


그림 19. 구형 배수공

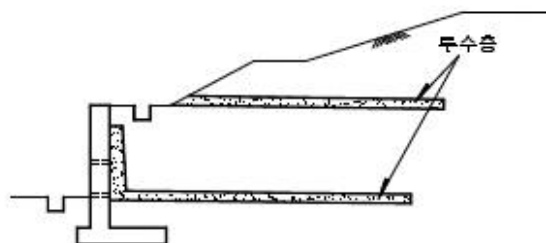


그림 20. 옹벽의 배면배수 사례

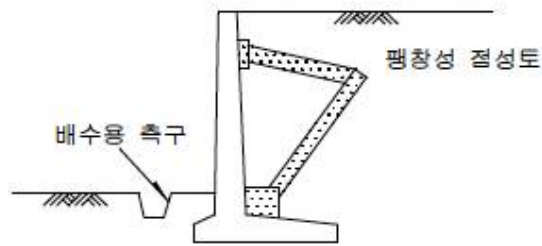


그림 21. 이중 블랭킷 배수시설

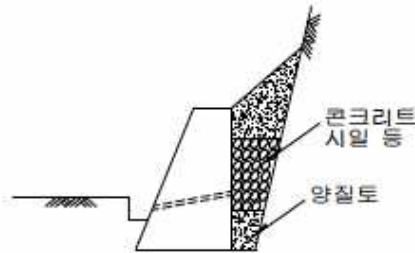


그림 22. 땅깍기부에서의 배수공 사례

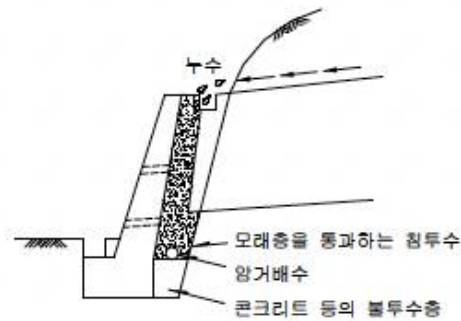


그림 23. 용수가 있는 경우의 배수공 사례

(2) 침수대책

침수로 인하여 옹벽의 안정성이 확보되지 못할 경우에는 투수성이 양호한 재료를 뒤채움재로 사용해야 한다. 이때의 뒤채움재 기준은 다음과 같다.

- ① 최대입경 : 100mm 이하
- ② 세립토의 함유량 : 점토 크기의 입자 함유율은 5% 이내, 0.075mm(No. 200체)를 통과한 재료의 함유량이 15 % 이하

5. 기초의 세굴 대책

옹벽기초가 하천의 유수에 의하여 세굴 우려가 있는 경우 세굴깊이를 감안하여 기초 깊이를 조정하거나 또는(그리고) 세굴방지공을 적용해야 한다. 세굴깊이의 산정 및 세굴방지공의 선정은 「KR C-08010 교량설계일반」의 교량 관련편을 참조한다.

6. 열차진동

(1) 열차진동

설계단계에서의 용벽배면 노반에 열차운행으로 발생하는 활하중은 「해설 2의 3.(2)항」에서와 같이 등분포 상재하중으로 고려하며, 이로 인한 별도의 진동해석이나 검토는 생략한다.

7. 구조세목

(1) 부재 최소치수

전면벽은 200mm 이상, 저판은 300mm 이상으로 한다. 단, 중력식 용벽의 경우에 전면벽은 400mm 이상이어야 한다.

(2) 철근의 덮개

철근의 덮개는 「KDS 14 20 00」에 따른다.

(3) 최소 철근비

① 해석에 의하여 소요철근량을 산정한 휨부재 단면 : $P_{mim} = 1.4 / f_y$ 단, 단면에서 사용된 철근량이 해석으로 요구되는 철근량보다 최소한 1/3 이상 많을 때는 위 식을 따르지 않아도 되나 0.0015 이상이어야 한다.

② 수직철근의 콘크리트 총 단면적에 대한 최소비는 다음과 같아야 한다.

가. 지름이 16mm 이하인 이형철근의 항복강도가 400MPa 이상의 경우 : 0.0012

나. 가 이외의 이형철근에 대하여 : 0.0015

다. 지름이 16mm 이하인 용접강선망에 대하여 : 0.0012

③ 수평철근의 콘크리트 총 단면적에 대한 최소비는 다음과 같아야 한다.

가. 지름이 16mm 이하인 이형철근의 항복강도가 400MPa 이상의 경우 : 0.0020

나. 가 이외의 이형철근에 대하여 : 0.0025

다. 지름이 16mm 이하인 용접강선망에 대하여 : 0.0020

라. 전면벽 표면측에 배치되는 수평방향철근은 벽체 높이 1m 당 500mm² 이상, 중심 간격 400mm 이하로 배치해야 하며, 전면벽에 배치되는 총수평철근량의 1/2 이상이어야 한다.

(4) 철근간격

해석에 의하여 소요철근량을 산정한 휨부재단면에서는 철근간격이 최대 휨모멘트가 발생하는 단면에서 단면두께의 2배 이하 또는 300mm 이하로, 그 밖의 단면에 대해서는 단면두께의 3배 이하 또는 400mm로 한다.

(5) 철근의 정착 및 이음

① 철근의 정착길이는 기본정착길이(1d)를 적용하되 300mm 이상으로 하며, <표 9>를 따른다.

② 철근의 이음 길이는 <표 10>을 따른다.



표 9. 철근의 정착길이

콘크리트 설계기준강도(f_{ck} : 24MPa), 철근의 항복강도(f_y : 300MPa) 일 때(단위 : mm)

철근	인장철근		압축철근(1 d)
	일반철근(1 d)	상부철근(1.3 l db)	
D13	300 (350)	390 (460)	200 (230)
D16	370 (430)	490 (560)	250 (290)
D19	450 (520)	590 (680)	300 (350)
D22	520 (600)	680 (780)	350 (400)
D25	600 (690)	780 (900)	400 (460)
D29	750 (870)	980 (1140)	450 (520)
D32	930 (1070)	1210 (1400)	500 (570)

()안의 값은 콘크리트 설계기준강도(f_{ck} : 18MPa), 철근의 항복강도(f_y : 300MPa)일 경우

표 10. 철근의 이음길이

콘크리트 설계기준강도(f_{ck} : 24MPa), 철근의 항복강도(f_y : 300MPa) 일 때(단위 : mm)

철근	인장철근				압축철근
	일반철근		상부철근		
	A급	B급	A급	B급	
D13	300 (350)	390 (460)	390 (460)	510 (600)	300 (400)
D16	370 (430)	490 (560)	490 (560)	640 (730)	340 (460)
D19	450 (520)	590 (680)	590 (680)	770 (890)	410 (550)
D22	520 (600)	680 (780)	680 (780)	890 (1020)	470 (630)
D25	600 (690)	780 (900)	780 (900)	1020 (1170)	540 (720)
D29	750 (870)	980 (1140)	980 (1140)	1280 (1490)	610 (820)
D32	930 (1070)	1210 (1400)	1210 (1400)	1580 (1820)	670 (900)

()안의 값은 콘크리트 설계기준강도(f_{ck} : 18MPa), 철근의 항복강도(f_y : 300MPa)일 경우

(6) 활동방지벽(Key)

활동저항을 증가시키기 위하여 기초저면에 활동방지벽을 설치하는 경우, 활동방지벽은 저판 콘크리트와 일체로 타설한다.

활동방지벽의 형상은 <그림 26 (a)>에 나타난 것을 원칙으로 하지만, 활동방지벽의 깊이, 토질 상태 등에 따라 <그림 26 (b)>와 같이 구조물 굴착선에 맞는 형상으로 해도 좋다.

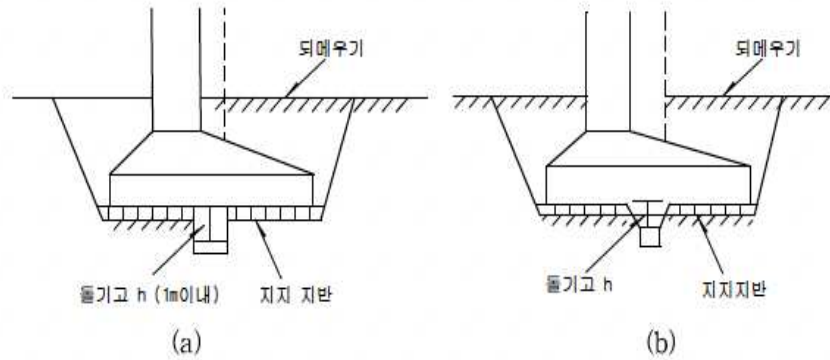


그림 26. 활동방지벽의 형상

(7) 이음

① 수축이음

철근콘크리트 옹벽에서는 표면에 V형의 홈을 가진 수축이음을 만든다. 그 간격은 6m이하로 하되, 이 이음에서 철근을 끊어서는 안 된다.(<그림 27 (a)>참조)

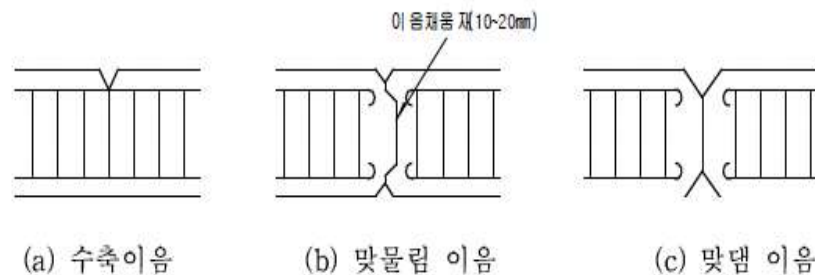


그림 27. 수축이음, 신축이음

② 신축이음

벽체의 신축이음은 일반적으로 중력식 옹벽에서는 10m 이하, 역T형, L형 및 뒷부벽식 옹벽에서는 15 ~ 20m 이하의 간격으로 두되, 이 면에서는 철근을 반드시 자른다. 신축이음은 서로 물리는 <그림 27 (b)>와 같은 형상으로 하지만, 높이가 낮고 기초지반이 견고한 경우 등에서는 <그림 27 (c)>와 같은 구조로 해도 좋다. 이 경우 시공에 있어서 엇갈림이 생기지 않도록 충분히 주의한다.

(8) 구체

① 본선에 접해 있는 벽체의 전면을 미관 및 시공을 고려하여 일반적으로 1:0.02 이상의 경사를 붙인다(<그림 28> 참조).

② 옹벽의 상부에는 <그림 28>와 같은 소단을 설치하는 것이 좋다.

그 길이 L은 설치 장소에 따라 다르지만 일반적으로 700mm로 하면 된다.

③ 연속된 옹벽에서 그 높이가 변하는 경우, 접속은 지형, 구조 형식 등을 고려하여 판단한다.



- ④ 산지부에 설치되는 옹벽처럼 옹벽의 상부 또는 저면의 높이가 변할 경우에는 설치 위치, 구조 형식 등을 고려하여 접속시킨다. 일반적으로 설치 위치에 의해 정해지는 근입 깊이를 기준으로 1블럭의 길이를 결정하며, 저판은 수평으로 시공하면 좋다. (<그림 29> 참조) 중력식 옹벽에서는 벽체 전후의 경사를 일정하게 하고 상부를 소정의 경사에 맞추면 된다. 역T형 옹벽 또는 뒷부벽식 옹벽의 정부의 폭은 1블럭별로 일정하게 하지만, 높이의 변화가 적을 때에는 저판의 폭을 일정하게 하고 상부만을 뚫어내는 방법으로 처리해도 된다.

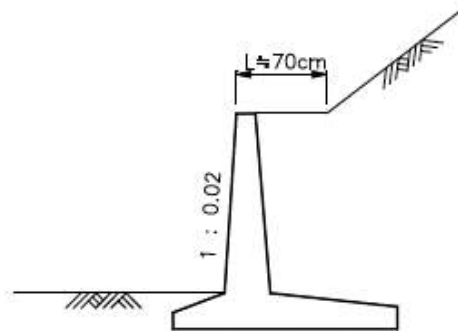


그림 28. 옹벽의 소단

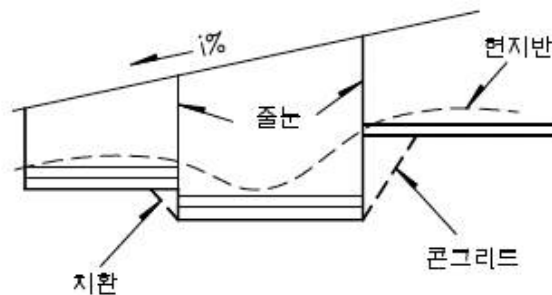


그림 29. 산지부의 옹벽 예

8. 기타 설계·시공상의 주의점

옹벽에 있어서의 대부분의 문제는 다음과 같은 원인에 의해 일어나는 경우가 많으므로 주의한다.

- (1) 기초 지반의 부등침하
- (2) 기초 지반의 지지력 부족
- (3) 뒤채움부의 배수 불량

옹벽의 기초지반을 잘 확인할 필요가 있다. 특히 홍적층, 충적층의 경계 부근 비탈면 상에 설치할 경우에는 특히 주의가 필요하다. 옹벽 배면에 수압을 발생시키지 않게 하기 위해 배수를 함으로써 수압을 감소시킬 필요가 있으나, 시공 도중에 메워져

배수가 잘 되지 않는 경우가 있으므로 충분히 주의할 필요가 있다. 그 방법으로써 <그림 30>, <그림 31>와 같은 시공방법이 있다.

그리고, 옹벽배면에 작용하는 토압을 효율적으로 저감시키는 대책으로 설계시 고려될 수 있는 방법으로는 다음과 같은 방법들이 있다.

- ① 역T형 옹벽의 뒤꿈치(Heel)부분을 45° 정도 경사지게 하는 방법
- ② 중력식 옹벽과 역T형 옹벽의 경우에 구조슬래브(Structural Slab)를 옹벽배면의 중간부에 추가로 설치하여 그 위쪽의 모든 하중을 지탱하게 하는 방법
- ③ 구조슬래브를 ②와 같이 동일하게 설치하고 슬래브 아래쪽에 위치하는 옹벽배면을 경사지게 시공하는 방법
- ④ 옹벽의 뒤채움재를 단위중량이 적은 경량의 흙쌓기재(예 : EPS블럭 등)로 시공하는 방법

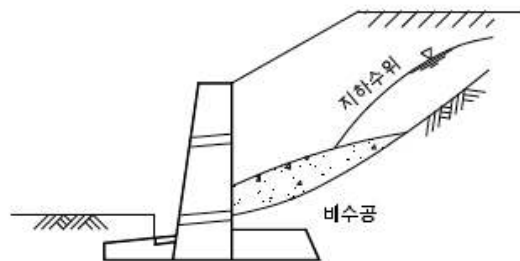


그림 30. 원지반에 지하수가 있을 때

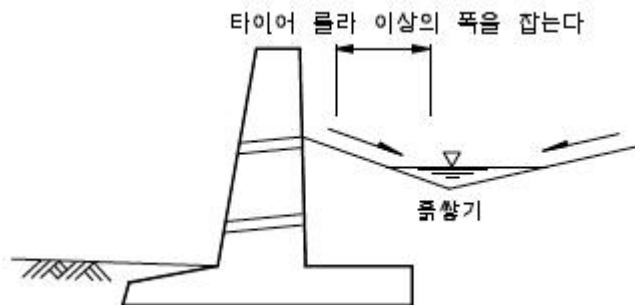


그림 31. 흙쌓기 중 지표수를 뒤채움에 유입시키지 않는 시공



해설 3. 비탈면보호벽

- (1) 부분적으로 불안정한 깎기비탈면 표면을 보호하기 위한 목적으로 콘크리트 벽체를 설치하여 지지시키는 비탈면보호벽의 설계에 적용한다.
- (2) 깎기부의 비탈면보호벽은 깎기면이 자립함과 동시에 비탈면 전체의 안정을 확보할 수 있는 장소에 사용해야 한다. 또 지지지반이나 배면이 암인 경우에는 현장조건에 따른다. 한편 지지지반 강도가 조건에 만족하지 않는 경우에는 저부의 폭을 넓게 하거나 근입깊이를 크게 해야 한다.
 - ① 비탈면보호벽의 자중은 콘크리트의 단위중량과 부피로 계산하며, 옹벽의 무게중심에 작용시킨다.
 - ② 파괴썰기의 하중은 파괴면과 나란한 방향으로 파괴썰기의 높이 1/3 높이에 위치시킨다.
 - ③ 평상시 깎기 후 비탈면의 안전율은 1.5 이상으로 해야 한다.
 - ④ 비탈면보호벽의 근입깊이는 기초전면에 배수공을 고려하여 최소 1.0m를 확보해야 한다.
 - ⑤ 배수공의 설치위치가 1.0m보다 깊은 경우 근입을 깊게 할 필요가 있다. 다만 지지지반이 경암인 경우 및 지하수위가 깊은 경우에는 지하배수공을 만들지 않고 근입깊이를 0.5m까지 얇게 하여도 된다.

해설 4. 낙석방지공

- (1) 암반비탈면에서 낙석이나 낙반의 위험이 있는 개소는 비탈면을 보호하기 위해 낙석방지공을 설계해야 한다.
- (2) 낙석방지공 방법에는 비탈면의 하단부나 중간부에 단독으로 설치하는 방법과 옹벽 등의 구조물 상부에 설치하는 방법 중 현장조건에 대한 적용성을 고려하여 설계해야 한다.
- (3) 이외의 사항은 KDS 47 10 25(4.5.4) 낙석방지공을 따른다.

해설 5. 암반비탈면 변위 원인과 계측

암반비탈면에서 진행 중이거나 예상되는 변위를 주의 깊게 관찰하기 위해 필요한 개소에 계측을 설계해야 한다.

RECORD HISTORY

Rev.0('12.12.05) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.

Rev.1('14.05.19) 옹벽의 상재하중 적용기준을 철도설계기준(2013)과 통일

Rev.2('17.07.03) “국가경쟁력 강화를 위한 철도건설기준 선진화 연구결과 반영요청(기술연구처-573호, '17.2.10)에 따른 개정(설계기준처-1920호)

Rev.3('24.06.04) 상위기준(KDS 등)과 체계일치, 현행화 등 시행을 위한 건설기준 고도화 용역 검토사항 등을 반영한 KR CODE 체계 개편 및 개정(기준심사처-715호, '24.06.04)

KR CODE 개편사항		
당 초		개 정
KR C-06010 흙막이 구조물 설계 일반사항	⇒ (코드 간 통합)	KR C-06010 흙막이 구조물
KR C-06020 옹벽, 비탈면보호벽, 낙석방지공		