

제 13 장 용 벽

13.1 적 용

- (1) 본 편은 도로건설시 설치되는 용벽의 설계에 적용한다.
- (2) 지형, 지반, 시공조건 등에 따라 본 지침에 기술되어 있지 않은 용벽의 설계가 요구될 경우에는 아래의 시방서 및 지침에 따르며, 본 편에 기술되어 있는 기본 사항에 입각하여 합리적인 설계를 하는 것이 필요하다.
 - ① 콘크리트 구조설계기준, 한국콘크리트학회
 - ② 도로공사 표준시방서, 건설교통부
 - ③ 철근 콘크리트 설계 편람, 건설부
 - ④ 도로교 설계기준, 도로교통협회
 - ⑤ 구조물 기초설계 기준, 한국지반공학회

13.2 용벽의 계획

- (1) 용벽의 설계 계획에 있어서는 그 필요성을 명확히 하여야한다.
- (2) 또한, 전체적인 도로 계획에 맞추어 기능성, 시공성 및 경제성을 고려하여야 한다.

13.2.1 조 사

- (1) 조사는 합리적이고 경제적인 계획, 설계, 시공을 행하기 위해 필요한 자료 수집을 목적으로 한다.
- (2) 조사 종류 및 방법은 용벽의 규모, 중요도, 설치 위치 주변의 상황에 따라 결정한다.
- (3) 설계 제정수를 구하기 위한 토질조사 항목
 - ① 외력(토압)의 계산에 필요한 설계정수를 구하는 조사
 - ② 기초지지력의 설계에 필요한 설계정수를 구하기 위한 조사
 - ③ 안정의 검토에 필요한 설계정수를 구하는 조사
 - ④ 압밀침하의 검토에 필요한 설계정수를 구하는 조사가 있다.

13.2.2 형식 선정

- (1) 용벽의 구조형식은 다음사항을 고려하여 결정한다.
 - ① 용벽이 설치될 위치와 다른 구조물과의 관계, 공간적 제약
 - ② 용벽의 높이 및 용벽이 설치되는 지형
 - ③ 지반조건과 지하수 조건
 - ④ 시공에 소요되는 시간 및 경제성
 - ⑤ 용벽의 미관과 유지관리의 편의성

(2) 주변 조건의 조사

옹벽의 기초형식, 기초의 근입 깊이 및 옹벽 구조 형식의 결정에 있어서 설치 위치의 조사 외에 주변환경에 주는 영향이나 그것으로 받는 영향을 옹벽 완성 후뿐 아니라, 시공중의 각종 여건도 포함해서 검토하여야 한다.

(3) 또, 옹벽 붕괴사고의 대부분이 집중호우 등에 의한 흙 속의 물의 영향에 의한 것이므로, 특히 배수계통에 대해서 잘 조사하고 뒷채움부에 물이 고이지 않도록 검토할 필요가 있다.

(4) 시공 조건의 조사

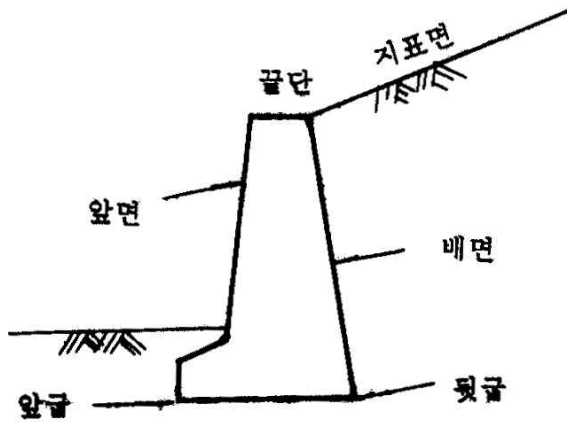
시공에 있어서 작업 비계가 세워지는 발판으로서의 지반, 작업공간, 기존 구조물, 매설물의 상황에 대해 잘 조사하고, 시공중의 안전성 검토 및 주변에 미치는 영향을 검토한다.

(5) 또, 시공중에 주변에 미치는 소음, 진동, 오수, 분진 등에 대한 처리에 대해서도 검토하여야 한다.

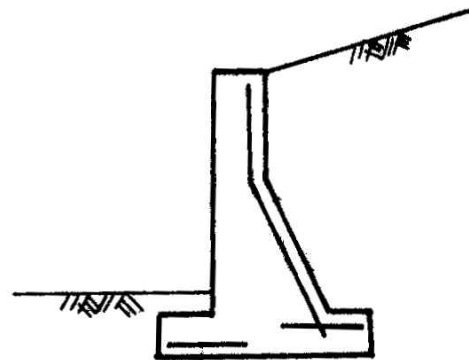
(6) 옹벽의 적용범위

형 식	옹 벽 높 이 (m)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
중 력 식 옹 벽	■	■	■	■											
반 중 력 식 옹 벽	■	■	■	■	■										
비 자 립 식 옹 벽			■	■	■	■	■	■							
캔 틸 레 버 식 옹 벽			■	■	■	■	■	■	■	■					
뒷 부 벽 식 옹 벽								■	■	■	■	■	■	■	■
앞 부 벽 식 옹 벽								■	■	■	■	■	■	■	■

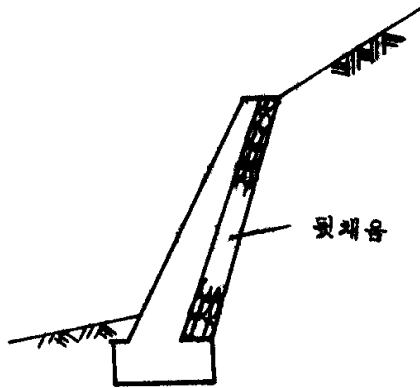
(7) 옹벽의 종류



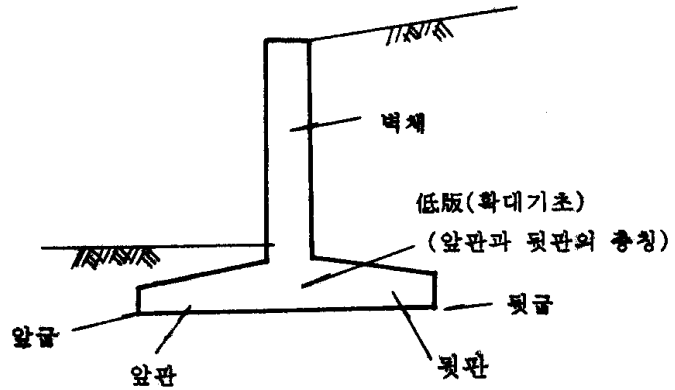
(a) 중력식 옹벽



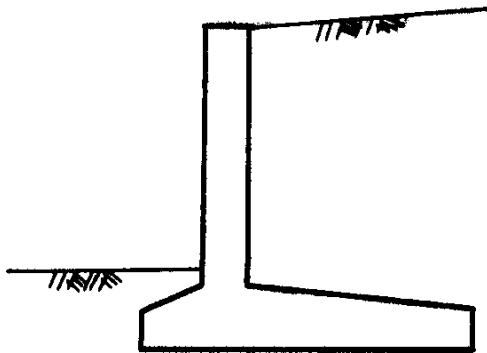
(b) 반중력식 옹벽



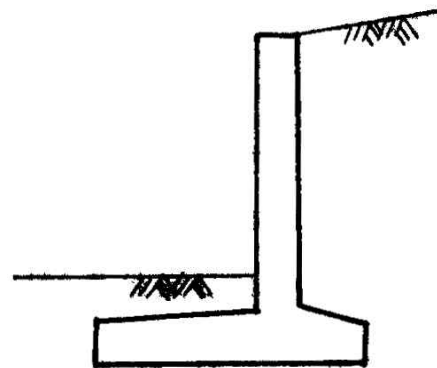
(c) 비자립형 옹벽



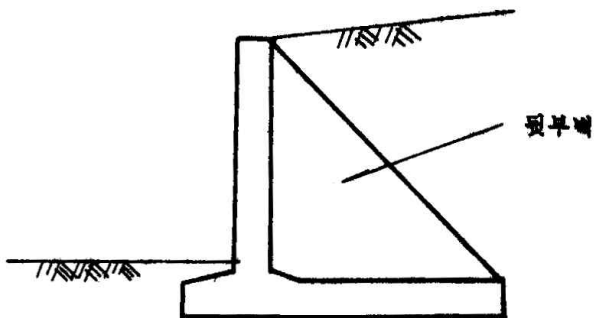
(d) 역T형 옹벽



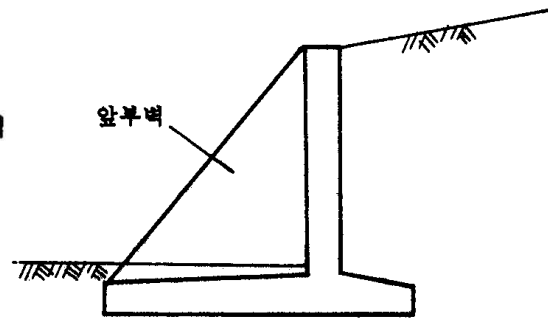
(e) L형 옹벽



(f) 역L형 옹벽



(g) 뒷부벽식 옹벽



(h) 앞부벽식 옹벽

13.2.3 내진설계 여부

(1) 옹벽의 내진설계는 다음에 해당하는 경우에 수행한다.

- ① 시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령에 의해 2종시설물(연장 500m이상, 높이 5m이상
의 옹벽)로 분류되는 옹벽규모인 경우
- ② 옹벽 상부와 하부의 피해범위내에 내진설계를 요하는 주구조물 또는 1종, 2종 시설물이 있
는 경우
- ③ 발주자가 요구하거나 설계자가 필요하다고 판단하는 경우

- (2) 옹벽의 지진시 안정해석은 「지진시 옹벽의 안정해석」 및 「비탈면 설계기준의 내진설계기준」을 참조한다.
- (3) 옹벽의 내진해석
- ① 유사정적해석(pseudo static analysis)
 - ② 강성블록해석(rigid block analysis)
 - ③ 수치해석
 - ④ 위의 해석방법중 옹벽구조물의 중요성에 따라 설계자의 판단에 의하여 해석방법을 선택할 수 있다.

13.3 설계하중

13.3.1 하중 종류

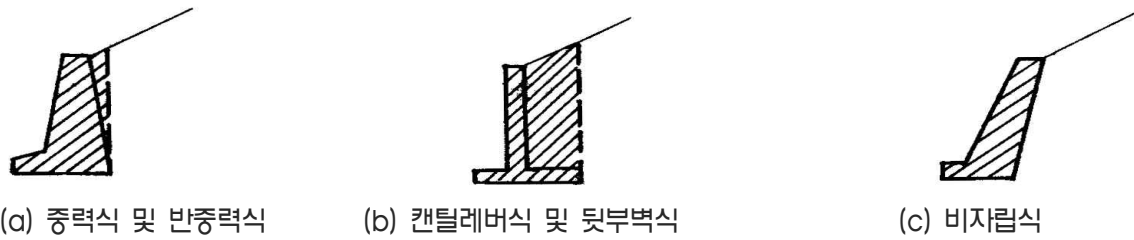
- (1) 옹벽의 안정해석시 고려하는 하중의 종류는 다음과 같다.
- ① 옹벽과 뒷채움의 자중 등 고정하중
 - ② 옹벽에 작용하는 토압과 상재하중에 의한 토압증가량
 - ③ 배수가 되지 않는 조건에서는 수압과 부력
 - ④ 옹벽에 직접 작용하는 외력
 - ⑤ 지진에 의한 하중 등
- (2) 옹벽 설계시 고려하는 하중은 옹벽의 사용기간 중에 발생가능한 모든형태의 하중조합을 고려하여 설계한다.
- (3) 옹벽의 하중조합은 통상 자중, 상재하중 및 토압의 조합으로 한다.
- (4) 또한 지진시 영향을 고려할 경우 하중조합은 지진시 토압 및 지진시 관성력으로 한다.
- (5) 하중계수는 ‘콘크리트 구조설계기준 제3장 설계하중 및 하중조합 3.3.2 소요강도’에 따른다.

13.3.2 자 중

- (1) 옹벽에 작용하는 자중은 옹벽 구체 중량외에 저판 위의 흙의 중량을 포함한다.
- (2) 철근 콘크리트 및 무근 콘크리트의 단위체적중량은 다음과 같이 한다.
- ① 철근 콘크리트 25 KN/m³
 - ② 무근 콘크리트 23.5 KN/m³
- (3) 흙의 단위체적중량은 토질시험결과를 기초로 하여 결정하는 것이 바람직하지만, 개략시설의 경우에는 토질시험에 따르지 않고 [표 13.3.1]의 값을 써도 좋다.

[표 13.3.1] 뒷채움재의 종류 및 단위체적중량

뒷채움재의 종류	단위체적중량 (KN/m ³)
자갈	20
모래, 사질토	19
실트, 점성토(단 WL < 50%)	18



<그림 13.3.1> 옹벽 종류별 자중 선택 범위 (연직 가상 활동면)

13.3.3 토 압

(1) 옹벽에 작용하는 자중은 옹벽 구체 중량외에 저판 위의 흙의 옹벽 설계에 쓰이는 토압은 다음과 같이 계산한다.

① 높이 8m 이하의 흙쌓기부 옹벽에 작용하는 토압은 [식 13.3.1]에 의해 계산한다.

$$P_H = 1/2 \cdot K_H \cdot \gamma \cdot H^2 \quad [\text{식 13.3.1}]$$

여기서, P_H : 토압의 수평 성분 (kN/m)

K_H : 수평토압 계수

H : 토압 계산에 쓰는 벽체 높이 (m)

γ : 흙의 단위중량 (kN/m³)

② 높이 8m 이상의 흙쌓기부 옹벽에 작용하는 토압은 뒷채움재의 토질시험을 하여 설계 토질 정수를 정하고 그 결과에 기초해서 Coulomb, Rankine, Terzaghi 등의 토압공식에 의해 토압을 구하는 것을 원칙으로 한다.

③ 다만, 지표면의 경사가 크거나 불규칙한 경우에는 Culmann의 도해법에 의해 토압을 계산한다.

④ 땅깍기부 옹벽에 작용하는 토압은 벽체 배면 땅깍기면의 상태를 감안하여 활동면을 가정하고, 이 활동면과 벽체 사이의 흙의 중량에 의한 토압을 계산한다.

[표 13.3.2] 뒷채움재의 설계 토질정수

뒷채움재의 종류	단위체적중량 γ (kN/m ³)	내부 마찰각 ϕ (도)
① 자갈	20	35
② 사질토	19	30
③ 실트, 점성토 (단, WL < 50%)	18	25

⑤ 전면 수동토압을 고려하는 경우

통상의 설계에서는 옹벽 전면의 수동토압을 무시하지만, 이것을 무시할 경우 현저히 비경제적으로 되는 경우에는 전면의 상황, 시공조건을 충분히 고려하여 가상 지표면을 설정하고 수동토압을 계산에 포함시킨다.

13.3.4 상재하중

- (1) 옹벽 배면에 건설장비의 이동, 자재야적 및 도로에 가해지는 윤회중 등에 의한 일시하중 또는 구조물의 기초에 의한 영구하중이 작용하는 경우는 이를 설계에 고려한다.
- (2) 일시적인 하중을 고려하기 위하여 옹벽배면 지반에는 10kN/m^2 의 등분포 하중이 작용하는 것으로 간주하여 옹벽의 안정해석과 구조검토를 실시한다.
- (3) 옹벽 벽체 또는 가상배면으로부터 파괴면이 표면과 만나는 지점 내에 집중하중, 선하중, 구조물에 의한 하중이 작용하는 경우는 이에 의해 옹벽에 가해지는 수평토압의 증가량을 고려한다.
- (4) 상재하중에 의한 수평토압의 증가량은 탄성지반에 작용하는 하중을 고려한 이론해를 이용할 수 있다.
- (5) 상재하중으로 인한 토압의 증가

$$\Delta P_q = qHK_a \quad [\text{식 13.3.2}]$$

여기서, ΔP_q : 상재하중에 의해 증가되는 수평토압

q : 등분포 상재하중

H : 옹벽의 높이

K_s : 토압계수(주동토압은 K_a , 정지토압은 K_o 적용)

δ : 옹벽 배후의 지표면이 수평면과 이루는 각

13.3.5 수압과 부력

- (1) 옹벽 배면에 물이 고여 있는 상태로 존재하게 되는 경우에는 옹벽에 직접 작용하는 하중으로서 수압을 고려하여야 한다.
- (2) 이때 수면아래의 토압을 계산할 때는 수중단위 중량을 이용한다.
- (3) 옹벽 배면의 뒤편 내부에 배수시설 또는 배수층을 별도로 설치할 경우에는 옹벽배면 내에 존재하는 정상상태의 수두를 고려하여 가상배면 또는 시행뺄기에 작용하는 수압으로 작용시킨다.
- (4) 단 배수층에 의해 가상배면 범위내에 수위가 발생하지 않도록 한 경우에는 수압을 고려하지 않을 수 있다.

13.3.6 옹벽에 직접작용하는 하중

- (1) 옹벽 구조물의 상단에 무시할 수 없는 규모의 연속적인 벽체 구조물이 설치되는 경우에는 이들 구조물로부터 전달되는 하중을 고려하여 옹벽의 외적안정성과 옹벽구조물 벽체를 설계해야 한다.

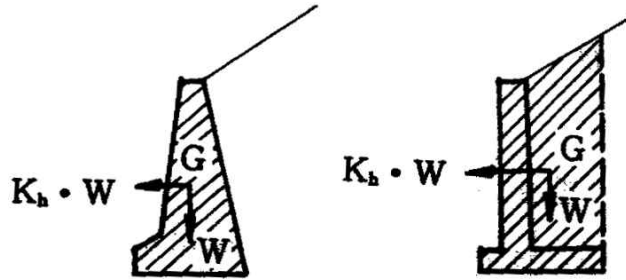
13.3.7 지진의 영향

- (1) 지진시 토압

지진시 토압을 고려하는 경우, 흙쌓기부 옹벽 설계에 쓰는 토압은 mononobe-okabe 공식을 쓰는 것이 좋다.

(2) 지진시 관성력

- ① 설계 수평진도를 K_h , 용벽의 자중(저판 상의 흙의 중량 포함)을 W 라 하면, 용벽의 지진시 관성력은 용벽의 중심 G 를 통해서 수평방향으로 $K_h W$ 가 작용하는 것으로 한다.
- ② 또, 안정 계산에 쓰는 용벽의 자중은 <그림 13.3.2>처럼 사선 부분을 취한다.



<그림 13.3.2> 지진시 관성력의 고려

13.4 기초의 설계

13.4.1 직접기초

- (1) 직접기초는 양질의 지지 지반에 한하며, 연직하중은 직접기초 아래의 지반만으로 지지시킨다.
- (2) 수평하중은 기초저면의 활동저항만으로 지지시키는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 기초지반의 지지력에 대한 안정

[표 13.4.1] 지반의 허용지지력

Rock Quality	R.Q.D	허용지지력 (kN/m ²)
Excellent	90 ~ 100	2,0000 ~ 3,0000
Good	75 ~ 90	1,2000 ~ 2,0000
Fair	50 ~ 75	6500 ~ 1,2000
Poor	25 ~ 50	3000 ~ 6500
Very Poor	0 ~ 25	1000 ~ 3000

(4) 활동에 대한 안정

활동에 대한 안정 계산은 「교량 하부구조물」에 의한다. 이때 활동에 대한 안전율은 통상 1.5 이상, 지진시 1.2 이상으로 한다.

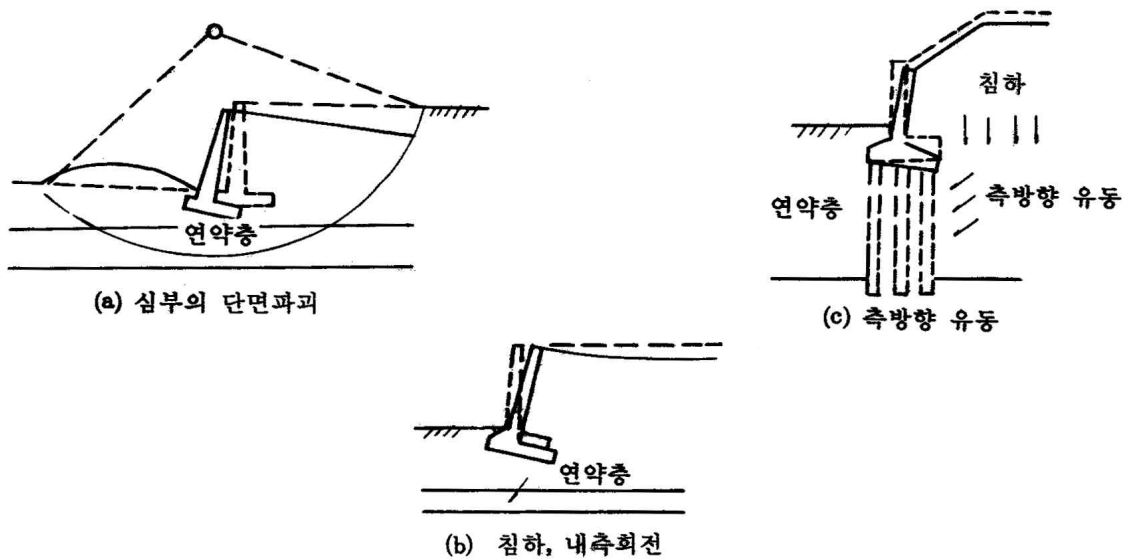
(5) 전도에 대한 안정

전도에 대한 안정 계산은 「교량 하부구조물」에 따른다. 이때 전도에 대한 안전율은 2.0 이상으로 한다.

(6) 전체적인 안정

연약층을 포함하여 지반 및 사면상에 설치되는 옹벽에 있어서 지반을 포함한 전체적인 안정에 대하여 검토한다.

- ① 연약층을 포함한 지반의 옹벽은 옹벽 배면의 흩쌓기 중량에 의해 <그림 13.4.1>에 나타나 있는 지반내에서 파괴가 생기거나, 압밀침하나 연약층의 측방향 유동이 생겨 옹벽의 변위경사가 일어나는 일이 있으므로 지반을 포함하여 전체적인 안정에 대하여 검토하여야 한다.
- 가. 연약지반을 포함하여 지반 전체의 안정을 검토할 때는 일반적으로 원호활동의 계산을 한다.
- 나. 옹벽 시공 후의 전면과 배면과의 침하량의 차이에 대하여 검토한다.
- 다. 측방향 유동을 고려하는 경우는 「교량 하부구조물」을 참조해서 행한다.



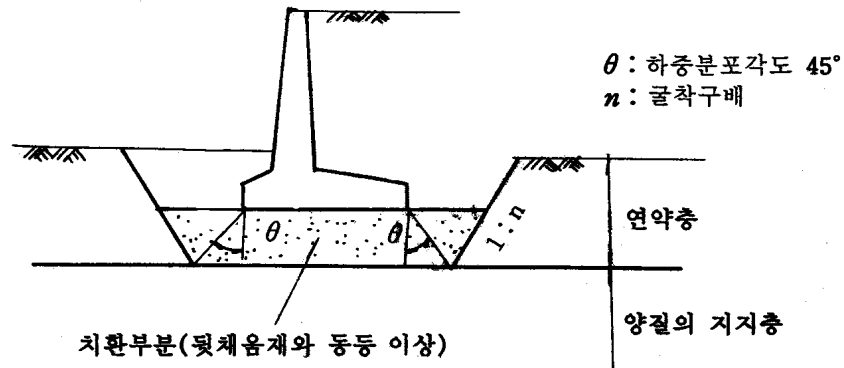
<그림 13.4.1> 연약층이 있는 지반에 대한 옹벽의 안정

② 사면상의 옹벽

사면은 일반적으로 그 자체로서 안정상의 문제를 포함하고 있는 경우가 많지만, 사면상에 옹벽을 설치하는 경우에는 옹벽 및 배면의 흩쌓기를 포함하여 사면 전체의 안정에 대해서 검토해야 한다.

(7) 치 환

- ① 옹벽의 저면에 접해 있는 지반이 연약하고, 그 아래의 비교적 얇은 곳에 지지층이 있는 경우에는 치환한다.
- ② 치환을 하는 재료 및 시공은 뒷채움재와 동등 이상으로 하고, 지하수가 있는 경우에는 쇠석 등 양질의 것을 쓴다.
- ③ 치환의 형상은 <그림 13.4.2>를 표준으로 한다.



<그림 13.4.2> 용벽기초의 치환

13.4.2 말뚝기초

- (1) 「교량 하부구조물」말뚝기초에 의해 검토를 행한다. 단, 말뚝 두부의 변위에 대해서는 고려하지 않는다.

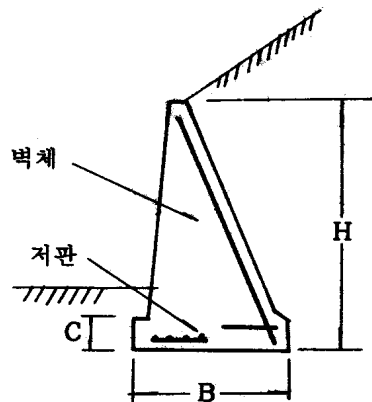
13.5 구체의 설계

13.5.1 중력식 용벽

- (1) 중력식 용벽은 자중에 의해 토압을 지지하는 형식으로, 토압과 자중의 합력에 의해 구체 단면이 콘크리트의 허용 인장응력 이상의 인장응력이 생기지 않도록 설계한다.

13.5.2 반중력식 용벽

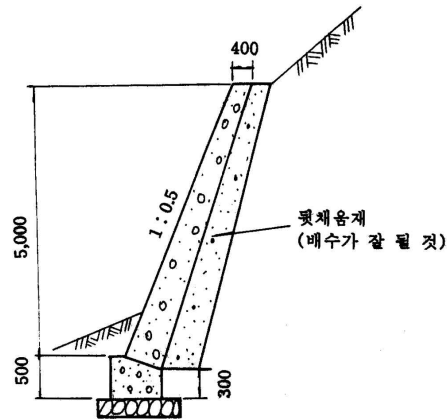
- (1) 토압과 자중의 합력에 의해 용벽단면 내에 생기는 인장력은 모두 철근으로 받게 한다.
(2) 설계법은 중력식 용벽과 같지만 토압과 자중의 합력에 의해 구체 단면에 생기는 인장력을 부담시키기 위해 구체 내에 필요한 양의 철근을 배근한다.



<그림 13.5.1> 반중력식 용벽의 형태

13.5.3 비자립형 옹벽

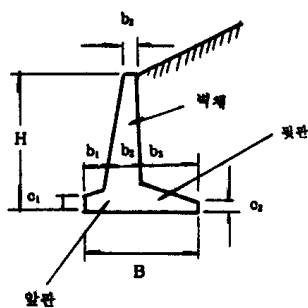
- (1) 비자립형 옹벽은 자중으로 토압을 지지시키는 것으로 한다.
- (2) 활동에 대해서는 충분한 안전 조치를 강구하여야 한다.
- (3) 작용 토압은 뒷채움재의 두께가 얇을수록 적지만 강우나 침투수에 의해 토압이 증대되므로 뒷채움재는 시공성을 고려하여 두께를 결정할 필요가 있다.
- (4) 배수에 충분히 주의할 필요가 있다.



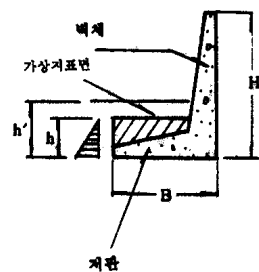
<그림 13.5.2> 비자립형 옹벽의 예

13.5.4 캔틸레버 옹벽

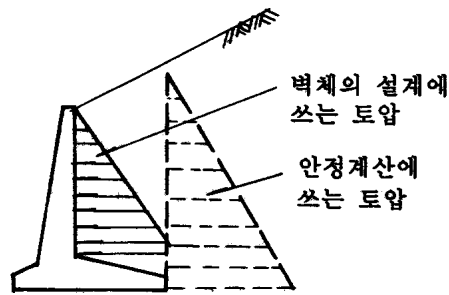
- (1) 캔틸레버 옹벽의 벽체와 기초는 접합부를 고정단으로 하는 캔틸레버로 설계한다.
- (2) 벽체는 벽체의 자중을 무시하고, 토압의 수평 분력을 고려해서 설계한다.
- (3) 앞판은 상향의 지반반력과 하향의 앞판 자중을 고려하여 설계한다.
- (4) 뒷판은 뒷판 상부의 흙의 중량, 토압의 연직 분력, 지표면의 상재하중, 뒷판 자중 및 지반 반력을 고려하여 설계한다.
- (5) 후탕의 앞판 상측과 뒷판의 하측은 균열방지 등을 위해, 반대측 주철근량의 1/2을 배근해야 한다.
- (6) 수동토압을 고려하는 경우에는 앞판 위의 가상 지표면 아래 흙의 중량을 고려한다.



<그림 13.5.3> 역 T형 옹벽의 형태



<그림 13.5.4> 역 L형 옹벽



<그림 13.5.5> 벽체의 설계에 쓰는 토압

13.5.5 뒷부벽식 용벽

- (1) 벽체는 뒷부벽으로 지지된 연속판이 토압의 수평분력에 저항하도록 설계한다.
- (2) 뒷부벽은 저판에 고정된 변단면 T형 캔틸레버보로 보고, 벽체에 작용하는 전 토압의 수평분력에 저항할 수 있도록 설계한다.
- (3) 후탕은 뒷부벽으로 지지된 연속판으로서 저판 위의 흙의 중량, 토압의 연직 분력, 지표면의 상재하중, 판의 중량 및 지반 반력을 생각하여 설계한다.
- (4) 후탕의 앞판 설계는 캔틸레버 용벽에 준한다.
- (5) 벽체 및 후탕의 양쪽 단부는 부벽에 지지된 캔틸레버보로 설계한다.

13.5.6 앞부벽식 용벽

- (1) 앞부벽식 용벽의 부벽은 저판에 지지된 구형보로 보고 설계하며, 벽체 및 기초는 앞부벽으로 지지된 연속판으로 보아 설계한다.
- (2) 앞부벽, 벽체, 기초의 설계에 있어서 외력의 고려방법은 뒷부벽식에 준한다.

13.6 구조세목

(1) 배근

- ① 덮개는 벽의 노출면에서는 30mm 이상, 콘크리트가 흙에 접하는 면에서는 50mm 이상, 직접 흙 중에 묻히는 저판에서는 80mm 이상으로 한다.
- ② 철근 콘크리트 용벽에서는 건조수축 및 온도변화에 의한 균열을 방지하기 위하여 벽 노출면 가까이에 수평방향으로 벽 높이 1m당 500mm² 이상의 철근량을 중심간격 300mm 이하로 배치하여야 한다.
- ③ 뒷부벽식 용벽에서는 전면벽과 저판에 의해 부벽에 전달하는 응력을 견디게 하기 위해 필요한 철근을 부벽에 충분히 정착해야 한다.
- ④ 또 전면벽과 저판에는 인장철근의 20% 이상의 배력철근을 두어야 한다.
- ⑤ 앞부벽식 용벽의 전면벽에는 인장철근의 20% 이상의 배력철근을 두어야 한다.
- ⑥ 수평철근의 콘크리트 총 단면적에 대한 최소비는 다음과 같아야 한다.
가. 지름이 16mm 이하인 이형철근이고, 항복강도가 400MPa 이상인 경우: 0.0020

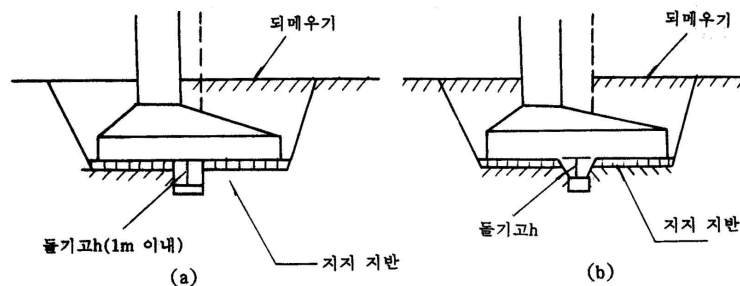
나. 가.이외의 이형철근에 대하여 : 0.0025

다. 지름이 16mm 이하인 용접철망에 대하여 : 0.0020

라. 수평철근의 간격은 벽체 두께의 3배 이하, 450mm 이하라야 한다.

(2) 활동 방지벽 (key)

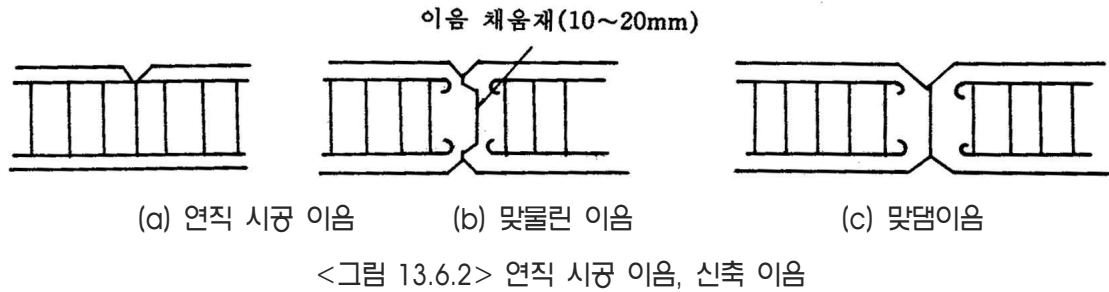
- ① 활동저항을 증가시키기 위하여 기초저면에 활동 방지벽을 설치하는 경우, 활동 방지벽은 저 판콘크리트와 일체로 타설하여야 한다.
- ② 활동 방지벽(key)의 형상은 <그림 13.6.1(a)>에 나타난 것을 원칙으로 하지만, 활동 방지 벽의 깊이, 토질 상태 등에 따라 <그림 13.6.1(b)>와 같이 구조물 굴착선에 맞는 형상으로 해도 좋다.



<그림 13.6.1>

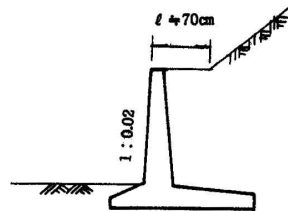
(3) 이음

- ① 용벽벽체 표면에는 6m 전후의 간격으로 V자홈의 연직방향 수축이음이나 최근에는 톱으로 자르기(saw cutting)를 이용한 균열유발줄눈 등이 적용되고 있다.
- ② V형 홈이나 균열유발줄눈 설치는 벽체 표면의 건조수축균열을 홈에 집중시키는 역할을 하여 불규칙한 균열을 방지할 수 있으며, 철근을 끊어서는 안된다.
- ③ 용벽 설계시 콘크리트의 수화열, 온도변화, 건조수축 등의 부피변화에 대한 별도의 구조해석 이 없는 경우 신축이음을 설치할 수 있다.
- ④ 부피변화에 대한 구조해석을 수행한 경우는 신축이음을 두지 않고 수평으로 철근을 연속으 로 배치할 수 있다.
- ⑤ 벽의 신축이음은 일반적으로 중력식 용벽에서는 10m 이하, 역 T형, L형 및 뒷부벽식 용벽 에서는 15~20m 이하의 간격으로 설치하되, 완전히 절단하여 온도변화와 지반의 부등침하 에 대비하여야 한다.
- ⑥ 신축이음부의 토사유실을 방지하기 위해 고무채움재등을 주입하면 효과적이다.
- ⑦ 신축이음으로 구분되는 한 개의 구조단위에서 용벽의 높이가 일정비율로 변화하는 경우에는 벽체의 높은 단부로부터 용벽길이의 1/3되는 지점에 작용하는 조건으로 소요철근을 설계할 수 있다.
- ⑧ 전판의 두께는 일정하게 유지하는 것이 바람직하다.
- ⑨ 신축 이음은 원칙적으로 서로 물리는 <그림 13.6.2(b)>와 같은 형상으로 하지만, 높이가 낮고 기초지반이 견고한 경우 등에서는 <그림 13.6.2(c)>와 같은 구조로 해도 좋다.
- ⑩ 이 경우 시공에 있어서 엇갈림이 생기지 않도록 충분히 주의하여야 한다.



(4) 구체

- ① 본선에 접해 있는 벽체의 전면을 미관 및 주행상 일반적으로 1:0.02 이상의 경사를 붙인다. <그림 13.6.3>
- ② 용벽의 정부(頂部)에는 <그림 13.6.3>과 같은 소단을 설치하는 것이 좋다.
- ③ 그 길이 ℓ 은 설치 장소에 따라 다르지만 일반적으로 700mm로 하면 된다.



<그림 13.6.3>

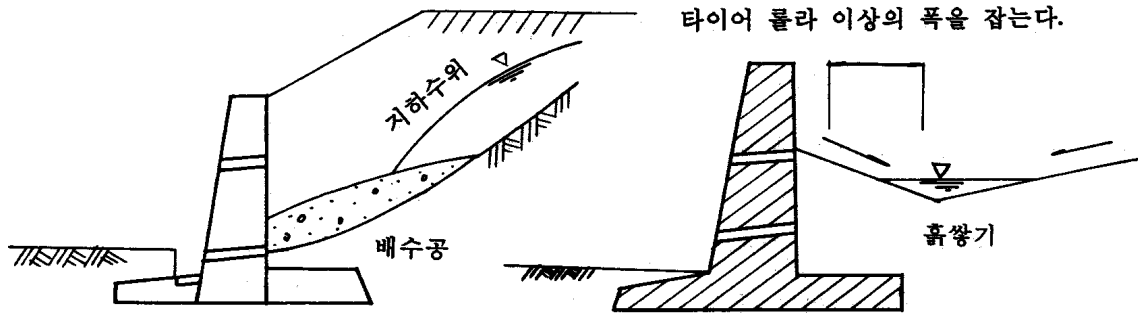
- ④ 연속된 용벽에서 그 높이가 변하는 경우, 접속은 지형, 구조형식 등으로 판단하여 행하여야 한다.

(5) 배수

- ① 용벽 배면의 배수를 위하여 용이하게 배수할 수 있는 높이에 적어도 직경 100mm 정도의 배수공을 약 4m 간격으로 설치한다.
- ② 또한, 부벽 사이에 적어도 한 개의 배수공을 설치한다.

13.7 기타 설계시 주의점

- (1) 용벽에 있어서의 대부분의 문제는 다음과 같은 원인에 의해 일어나는 경우가 많으므로 주의하여야 한다.
 - ① 기초지반의 부등침하
 - ② 기초지반의 지지력 부족
 - ③ 뒷채움부의 배수 불량



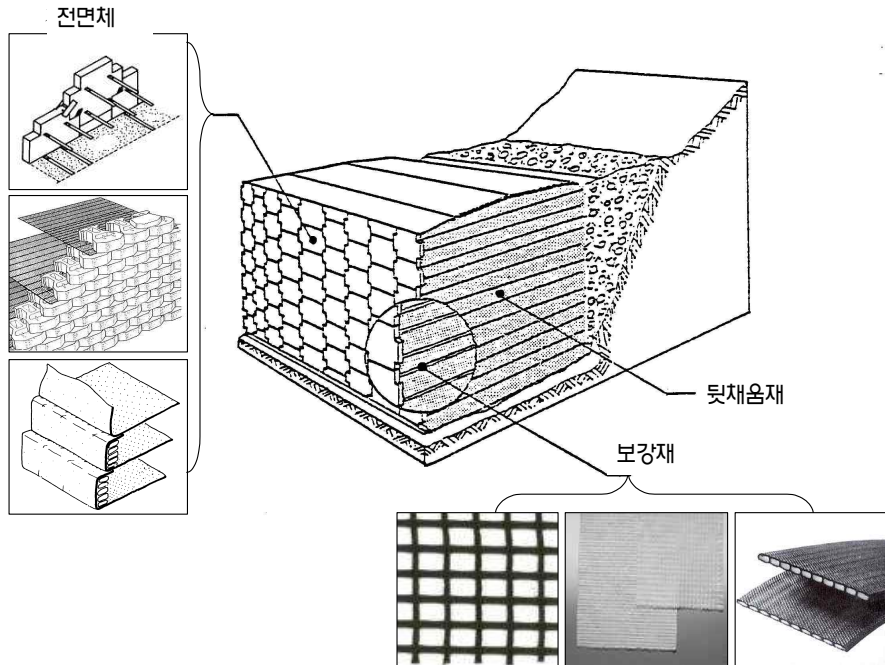
<그림 13.7.1> 원지반에 지하수가 있을 때

<그림 13.7.2> 흙쌓기 중 지표수를 뒷채움에 유입시키지 않는 시공

13.8 특수 용벽(보강토 용벽)¹⁾

13.8.1 적용범위

- (1) 본 기준은 고속도로 건설 및 확장공사, 시설개량 및 유지관리공사 중 급속 또는 섬유 등의 보강재를 이용하여 시공하는 보강토 용벽의 설계에 적용한다.
- (2) 시방기준에 적합한 제품에 대해서 공사시행시 현장여건에 따라 제품을 선택 사용할 수 있도록 설계도면을 작성하도록 한다.
- (3) 일반적인 보강토 용벽의 구성은 보강재로 보강된 뒤채움과 전면벽체로 구성되며, 전체적인 시공단면은 <그림 13.8.1>과 같다.



<그림 13.8.1 보강토 용벽의 구성>

1) 보강토 용벽 설계기준 검토, 설계설-3563, 2007. 12.12

13.8.2 재료의 특성

(1) 보강재

- ① 보강재는 일정간격으로 수평배치하는 띠형과 전체면에 설치하는 평면형 보강재로 구분하며 각 형식의 보강재는 다음과 같다.
- ② 띠 형 : 아연도강판, 알루미늄합금, 스테인레스강, 띠형섬유 등
- ③ 평면형 : 격자형 토목섬유, PP섬유, PET섬유, 직포매트 등
- ④ 보강토 용벽을 위한 보강재는 다음과 같은 조건을 갖춰야 한다.
가. 보강목적의 인장강도를 보유해야 한다.
나. 최대인장강도 발생시 변형률은 5% 이내이어야 한다.
다. 흙과의 마찰저항력이 수평토압에 저항할 수 있어야 한다.
라. 시공 중의 손상에 대한 저항성을 지녀야 한다.
마. 화학, 물리 및 생화학적 작용에 대해 내구성을 지녀야 한다.
바. 금속보강재는 반드시 방식 처리를 하여야 한다.
- ⑤ 보강재의 설계인장강도(T_a)는 [식13.8.1]과 같이 장기인장강도(T_l)에 안전율(FS)을 적용하여 계산한다.

$$T_a = \frac{T_l}{FS} \quad \text{[식 13.8.1]}$$

- ⑥ 장기인장강도는 재료의 역학적, 장기적인 내구성을 고려하여 결정한다.
- ⑦ 금속보강재의 경우는 아연도금을 통한 방청처리를 하고, 내구연한에 따른 부식두께를 제외한 나머지 두께에 대하여 장기인장강도를 산정한다.
- ⑧ 토목섬유 보강재는 화학적인 내구성, 내시공성, 그리고 장기적인 크리프 특성을 고려한 감소계수를 적용하여 장기인장강도를 산정한다.
- ⑨ 설계에서 사용하는 토목섬유 보강재의 장기인장강도는 다음과 같다.

$$T_l = \frac{T_{ult}}{RF} \quad \text{[식 13.8.2]}$$

$$RF = RF_d \times RF_{id} \times RF_{cr}$$

여기서, T_l : 장기인장강도 (kN/m)

T_{ult} : 보강재의 극한인장강도 (kN/m) (KS F 2124)

RF_d : 생·화학적 내구성에 대한 감소계수 (>1.1)

RF_{id} : 시공손상에 대한 감소계수 (>1.1)

RF_{cr} : 크리프 파괴에 대한 감소계수(creep rupture)

- ⑩ 항목별 감소계수는 보강재의 재질 및 특성에 따라 다르며 재료별로 공인된 시험 결과 값을 이용해야 한다.

(2) 전면판

- ① 패널식 보강토옹벽의 전면판은 콘크리트 28일 압축강도가 최소한 30.0MPa 이어야 한다.
- ② 블록식 보강토옹벽의 프리캐스트 콘크리트 블록의 28일 압축강도는 최소한 24.0MPa이어야 한다.

(3) 뒤채움재료

- ① 보강토 옹벽의 뒤채움재료로 사용하는 흙은 다음의 성질을 갖는 재료를 사용한다.
 - 가. 흙-보강재 사이의 마찰효과가 큰 사질토
 - 나. 배수성이 양호하고 함수비 변화에 따른 강도 변화가 적은 흙
 - 다. 입도분포가 양호한 흙
 - 라. 보강재의 내구성을 저하시키는 화학적 성분이 적은 흙

[표 13.8.1] 뒤채움재료 기준

입 도		내부마찰각	소성지수(PI)
입 경	통과백분율(%)		
19mm	100	삼축압축 또는 직접전단시험 에 의한 내부마찰각 $\phi > 25^\circ$	6이하
0.425mm(#40)	0~60		
0.075mm(#200)	0~15		

※ 1층 다짐두께는 200mm, 다짐밀도는 최대건조밀도의 95%이상으로 하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 시공시 보강재의 내구성이 확보되고 보강재와 뒤채움 재료의 마찰각이 설계시 고려된 값 이상으로 발휘될 수 있는 경우 별도의 입도분포 및 다짐두께 기준을 적용할 수 있다.

- ② 보강토 옹벽의 안정해석은 장기적인 안정성이며 사용하는 전단강도정수는 유효전단강도정수 (c' , ϕ')을 사용한다.

13.8.3 설계일반사항

(1) 설계목표

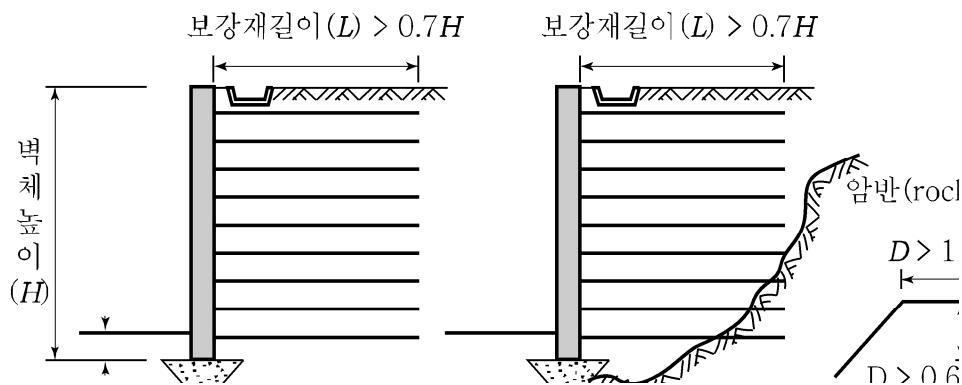
- ① 보강토 옹벽은 설계수명기간 동안 보강토체의 전체적인 안정성이 유지되어야 하며, 벽체를 구성하는 각 구성부재와 연결부가 파괴되지 않아야 한다.
- ② 옹벽의 사용성을 위해서 과도한 부등침하나 횡방향 변위가 발생하지 않아야 하며, 도심지의 경우에는 미관적인 요소도 고려하여 설계한다. 기초지반의 부등침하에 대한 기준은 다음과 같다.

[표 13.8.2] 기초지반의 부등침하 기준

구 분	기 준
패널식	총침하량 50mm, 부등침하 1/500 제한
블록식	부등침하 1/200 제한

(2) 보강토용벽 적용기준

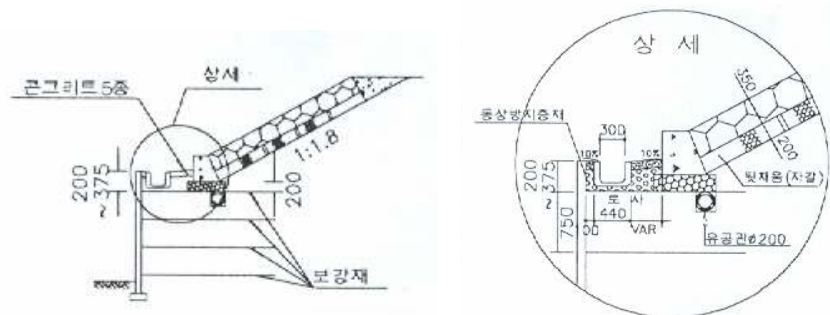
- ① 보강재의 길이는 전면판 기초부터 벽체높이의 0.7배보다 길어야 하며, 실제 보강재 길이는 상재하중과 외력, 보강재와 뒤채움과의 마찰저항력을 고려하여 최종적으로 결정한다.
- ② 보강재의 설치길이는 전체높이에 걸쳐 동일하게 하며, 특별한 하중조건이나 목적을 위해서 상부나 하부의 보강재 길이를 길거나 짧게 할 수 있다.
- ③ 보강재의 수직설치간격은 1.0m를 초과하지 않도록 하고, 저항영역내로 설치되는 보강재의 길이는 최소 1.0m 이상이 되어야 한다.
- ④ 전면벽체는 기초지반내로 최소 0.3m 이상 근입되어야 한다. 경사지반의 경우에는 0.6m 이상이 되어야 하며, 기초지반이 동상피해가 예상되는 경우는 동결심도 이상 근입시켜야 한다.



<그림 13.8.2> 보강토 용벽의 설치기준

- ⑤ 무근콘크리트 수평기초의 치수는 보통 깊이 150mm 이하 폭 0.40~0.50m로 한다.
- ⑥ 잡석기초의 경우에는 폭 0.75~0.80m, 깊이 150~300mm로 적용한다.
- ⑦ 지반이 불량하여 근입깊이가 깊은 경우($d > 0.8\text{m}$)에는 골재다짐+콘크리트 또는 철근콘크리트 기초를 적용하도록 한다.
- ⑧ 다만 용벽 기초부 설계시 용벽의 높이, 상재하중, 지반조건에 따라 적절하게 보완해야 한다.
- ⑨ 판넬식 보강토 용벽부의 성토시설물(돌쌓기 또는 돌붙임)은 기초가 보강재에 저촉되지 않도록 다음과 같이 조정해야 한다.

가. 단면도



<그림 13.8.3> 판넬식 보강토 용벽과 성토시설물 중복구간 처리방안

나. 마감처리 형식

- 마감처리 : 콘크리트
- 마감두께 : 100mm
- U형플룸관 : $\varphi = 300\text{mm}$
- 유공관 : $\varphi = 200\text{mm}$ (설치유공관은 보강토옹벽 끝나는 지점에서 법면 밑으로 연장설치하여 법면하단 수로에 연결)

⑩ 블록식 보강토 옹벽부에 성토부 시설이 있는 경우는 보강토 옹벽 보강재를 기초에 저촉되지 않도록 하향조정해야 한다.

(3) 내진설계

일정규모 이상의 중요도가 있는 경우 또는 보강토 옹벽의 상부나 하부에 파괴로 인한 피해 범위 내에 가옥이나 고정시설물이 있는 경우에는 필요에 따라 지진시의 안정성 검토를 수행한다.

13.8.4 보강토옹벽의 설계

(1) 검토항목

- ① 보강토 옹벽의 안정해석은 외적안정해석과 내적안정해석으로 구분하여 수행한다.
- ② 외적안정과 내적안정에서 검토하는 항목은 다음과 같다.
 - 가. 외적안정 : 저면활동, 지지력, 전도, 전체안정성, 침하에 대한 안정성
 - 나. 내적안정 : 인발파괴, 보강재파단, 보강재와 전면판의 연결부 파단

(2) 안전율기준

보강토 옹벽의 안정해석에 적용하는 안전율 기준은 다음과 같다. 지진시는 지진하중을 고려하여 안정성을 검토하는 경우이다.

[표 13.8.3] 보강토 옹벽의 설계안전율

구분	검토항목		평상시	지진시	비고
외적 안정	활 동		1.5	1.1	
	전 도		1.5	1.1	
	지지력		2.5	2.0	
	전체 안정성		1.5	1.1	
내적 안정	인발파괴		2.0	1.5	
	보강재 파단	금속보강재	1.0	1.0	
		지오그리드	1.5	1.0	
		섬유보강재	1.5	1.0	

(3) 외적안정해석

보강토 옹벽의 외적안정해석은 보강토체를 중력식 옹벽으로 간주하여 활동, 전도, 지지력, 전체안정성에 대한 안정해석을 수행하며, 옹벽의 안정해석에서 적용하는 안전율 기준은 아래와 같다. 지진시는 지진하중을 고려하여 검토한다.

[표 13.8.4] 옹벽의 설계안전율

검토항목	평상시	지진시
활동(sliding)	1.5	1.1
전도(overturning)	2.0	1.5
지지력(bearing capacity)	3.0	2.0
전체안정성(overall stability)	1.2~1.5	1.1

① 활동 안정성

가. 활동에 대한 안정성은 기초지반면과 옹벽저면에서의 미끄러짐이 발생하는가에 대한 검토이다. 경사하중 또는 비탈면상에 설치된 기초, 수평력을 받는 구조물의 기초에 대해서는 활동에 대한 파괴를 검토해야 한다.

나. 활동에 대한 검토는 활동을 유발하는 횡방향 하중과 활동에 저항하는 저항력의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$FS = \frac{S_R}{S_D} > FS \quad [\text{식 13.8.3}]$$

여기서, S_R : 활동저항력(resisting force to sliding)

S_D : 활동력(sliding force)

다. 점성토지반상의 옹벽기초에 대해서는 지반의 건조수축과 침하로 인하여 지반과 기초사이의 이격이 생길가능성을 고려하여야 한다. 옹벽 전면 흙의 수동토압을 활동 저항력으로 고려하고자 하는 경우에는 기초 전면 흙이 장기적으로 유지될 수 있는지 여부를 확인하여야 한다.

② 전도 안정성

가. 전도는 옹벽의 앞굽을 중심으로 옹벽전체가 앞으로 회전하는지 여부에 대하여 검토한다. 옹벽은 배면의 횡방향 토압으로 인해 저판앞굽을 중심으로 전도하므로 옹벽은 이에 대해 충분히 안전하게 저항하여야 한다.

나. 전도의 검토는 옹벽에 작용하는 하중의 조합에 의해 작용모멘트와 저항모멘트의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$FS = \frac{M_R}{M_D} \geq FS \quad [\text{식 13.8.4}]$$

여기서, M_R : 저항모멘트 (resisting moment)

M_D : 활동모멘트 (driving moment)

다. 별도의 계산을 하지 않더라도, 다음 기준을 만족하면 전도에 대해 안정한 것으로 간주한다.

- 기초지반이 흙인 경우, 힘의 합력이 기초중심에서 1/2B 이내에 있는 경우

- 기초지반이 암인 경우, 힘의 합력이 기초중심에서 3/4B 이내에 있는 경우

③ 지지력 검토

가. 지지력 검토는 다음과 같이 용벽하부에 발생하는 지반반력(q_{max})이 지반의 허용지지력(q_a) 이상이 되는지를 검토한다.

$$\frac{q_a}{q_{max}} \geq FS \quad [\text{식 13.8.5}]$$

여기서, q_a : 지반의 허용지지력

q_{max} : 지반반력

나. 지반의 지지력의 계산은 구조물기초설계기준(건설교통부, 2003)을 참조한다.

④ 전체 안정성

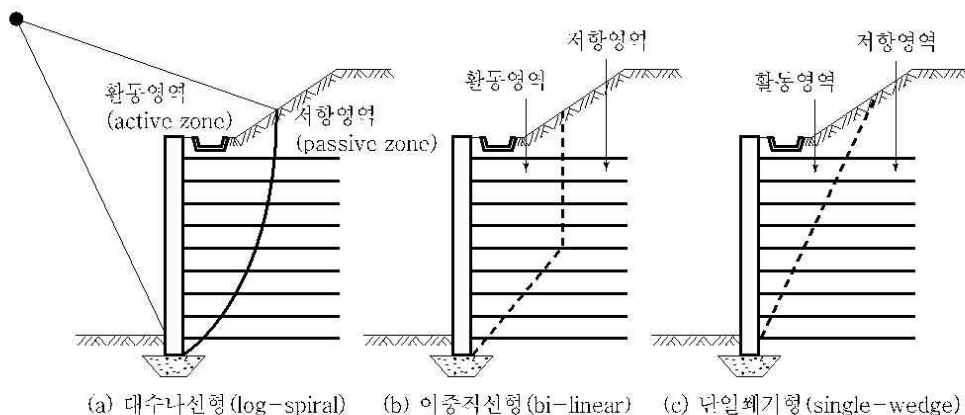
가. 전체안정성은 용벽을 포함한 기초지반 전체의 안정성을 의미한다. 용벽이 설치되는 원지반이 특히 점성토 등의 연약 지반인 경우에는 강도에 대한 안정성뿐만 아니라 침하에 대한 안정성도 검토하여야 한다.

나. 기준안전율이 확보되지 않은 경우는 다음의 방법을 적용하여 지반의 안정성을 향상시킬 수 있다.

- 기초 슬래브 아래에 활동방지벽 추가
- 기초 지반을 하향 조정
- 말뚝기초 적용

(4) 내적안정해석

- ① 보강토 용벽의 내적안정해석은 보강토체를 활동영역과 저항영역으로 나누고, 각각의 보강재에 위치에서 발생하는 최대작용하중을 계산 후 보강재의 인장파괴 또는 보강재가 저항영역으로부터 빠져나오는지의 인발파괴에 대하여 검토한다.
- ② 파괴면은 각 보강재에 발생하는 최대인장력을 연결한 선이며 형상은 벽체저면에서 대수나 선형태로 발생한다. 안정해석의 간편성을 위하여 직선 또는 이중직선으로 가정할 수 있다.



<그림 13.8.4> 보강토체 내부의 파괴형태

Figure 1 consists of two diagrams, (a) and (b), illustrating equivalent length calculation methods for a retaining wall. Both diagrams show a wall of height H and a horizontal distance L_a from the wall face to the equivalent length L_e . The total height is H_1 .

(a) Equivalent length calculation method based on the actual slope. The slope angle is β . The equivalent length L_e is calculated based on the actual slope. The diagram shows a horizontal line at height $H_1/2$ and a vertical line at height H_1 . The horizontal distance from the wall face to the equivalent length L_e is indicated. The slope is labeled as β .

(b) Equivalent length calculation method based on the assumed slope. The slope angle is $\phi = 45^\circ$. The equivalent length L_e is calculated based on the assumed slope. The diagram shows a horizontal line at height $H_1/2$ and a vertical line at height H_1 . The horizontal distance from the wall face to the equivalent length L_e is indicated. The slope is labeled as $\phi = 45^\circ$.

<그림 13.8.5> 활동영역과 저항영역의 구분

- $$T_{\max} = \sigma_h S_v \text{ (kN/m)} \quad [\text{식 13.8.6}]$$

 S_n : 보강재의 수직설치 간격

- 다. 보강토 옹벽의 내적안정성에 대한 검토

(2) 지진시 고려하는 하중

- ① 지진시 보강토 용벽의 안정해석에서 고려하는 하중은 정적상태에서 작용하는 하중과 지진에 의해 작용하는 지진관성력 및 동적토압이며, 일시적인 상재하중은 고려하지 않는다.
- ② 지진관성력은 보강된 토체의 중량에 의해 작용하는 지진하중이며, 토체의 자중과 수평지진 계수를 곱하여 산정하고 보강토체의 도심에 수평으로 작용시킨다.
- ③ 동적토압은 보강된 토체 뒷부분의 파괴뒤틀기에 의해 보강토체에 작용하는 토압이며 파괴뒤틀 기의 자중과 수평지진계수를 곱하여 산정한 토압이며 Monobe-Okabe의 방법을 이용하여 산정한다.
- ④ 지진계수(A_m)는 지반가속도계수(A)를 이용하여 다음과 같이 계산한다.

$$A_m = (1.45 - A)A \quad [\text{식 13.8.7}]$$

(3) 지진시 외적안정해석

- ① 지진시 외적안정해석에는 다음의 사항을 검토한다.
 - 가. 활동에 대한 검토
 - 나. 전도에 대한 검토
 - 다. 지지력에 대한 검토
 - 라. 전체안정성에 대한 검토
- ② 외적안정해석에서는 정적하중, 지진관성력, 동적토압의 1/2만 작용시켜 안정해석을 실시하 며, 지진관성력은 토체의 중심에, 동적토압은 용벽높이의 0.6H에 작용시킨다.
- ③ 외적안정해석에서 지진관성력은 관성력의 영향을 받는 보강토체의 자중과 지진계수를 곱하 여 산정한다.

(4) 지진시 내적안정해석

- ① 지진시의 내적안정해석은 지진관성력에 의해 각각의 보강재에 추가되는 하중에 대하여 보강 재파괴와 인발파괴가 발생하지 않도록 한다.
- ② 내적안정해석에서 지진관성력은 활동영역의 자중과 지진계수를 곱하여 산정하고, 활동영역 내의 각각의 보강재가 차지하는 면적비율로 지진관성력을 부담하는 것으로 한다.
- ③ 지진시 내적안정해석은 각각의 보강재 위치에서 지진에 의해 추가되는 인장력을 고려하여 정적상태와 동일하게 계산한다.

13.8.6 보강토 용벽의 배수시설

- (1) 보강토체에 이용되는 뒤퇴움재료는 비교적 배수성이 양호하고 전면 배수공이 충분한 양질의 토사를 이용하지만, 다량의 배면 유입수로 뒤퇴움 흙이 포화되면 흙의 전단강도가 급격히 저 하하여 불안한 상태가 될 수 있으므로 배면 용출수의 유무, 수량의 과다에 따라 적절한 배수 시설을 하여야 한다.
- (2) 보강토 용벽의 배수처리를 위하여 다음과 같은 배수시설을 설치해야 한다.
 - ① 보강토체 내부 수평배수층
 - ② 보강토체 전면판 뒤 300~1,000mm 필터재 설치
 - ③ 벽체 상부 지표수 유입방지를 위한 배수구 설치

13.8.7 보강토 용벽의 진동관리방안²⁾

(1) 파일 항타에 의한 진동속도 추정(Attewell&Farmer 제안)

$$V = 32.36 \left(\frac{\sqrt{W}}{R} \right)^{1.61}$$

여기서, V : 최대진동속도 (mm/sec) W : 해머에너지 (KN-m) R : 수평거리 (m)

- ① 보강토 용벽의 허용 진동기준이 없으므로 국토해양부 구조물에 대한 발파진동 잠정 허용기준(안)을 근거로 잠정적으로 진동속도 0.5cm/sec 적용
- ② 추정된 허용진동 영향반경 내(內) : 매입공법 적용
- ③ 추정된 허용진동 영향반경 외(外) : 항타공법 적용

2) 보강토 용벽 진동관리방안 검토 (설계처-2679, 2009.5.18)