

고속도로 건설공사

보강토옹벽 설계기준

2007. 12

한국도로공사

- 목 차 -

1. 적용범위

2. 재료의 특성

2.1 보강재

2.2 전면판

2.3 뒤채움재료

3. 설계일반사항

3.1 설계목표

3.2 보강토옹벽 적용기준

3.3 내진설계

4. 보강토옹벽의 설계

4.1 검토항목

4.2 안전율기준

4.3 외적안정해석

4.4 내적안정해석

5. 지진시 안정해석

5.1 일반사항

5.2 지진시 고려하는 하중

5.3 지진시 외적안정해석

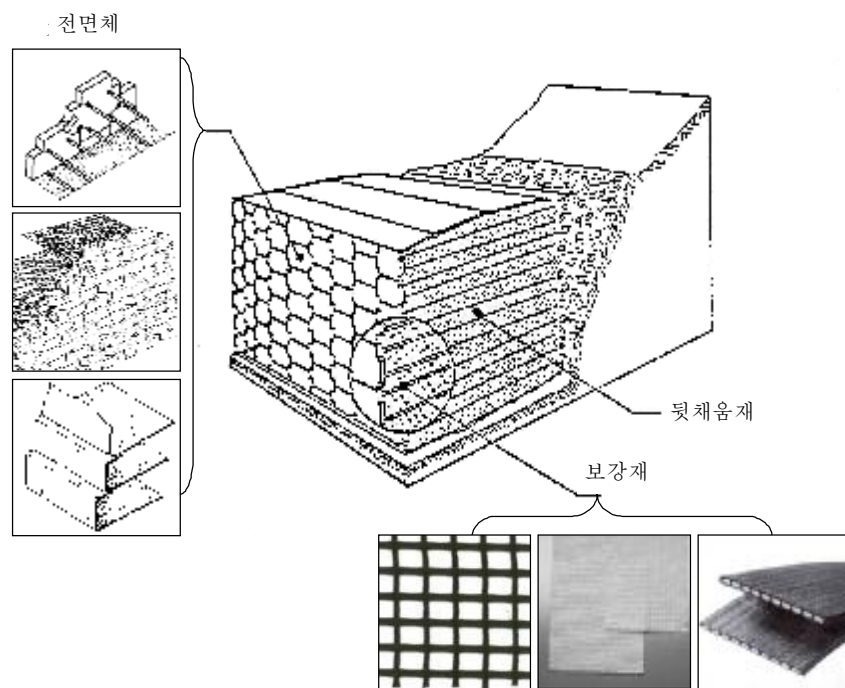
5.4 지진시 내적안정해석

6. 보강토 옹벽의 배수시설

1. 적용범위

본 기준은 고속도로 건설 및 확장공사, 시설개량 및 유지관리공사 중 금속 또는 섬유 등의 보강재를 이용하여 시공하는 보강토 옹벽의 설계에 적용한다. 시방기준에 적합한 제품에 대해서 공사시행시 현장 여건에 따라 제품을 선택 사용할 수 있도록 설계도면을 작성하도록 한다.

일반적인 보강토 옹벽의 구성은 보강재로 보강된 뒤채움과 전면벽 체로 구성되며, 전체적인 시공단면은 <그림1>과 같다.



<그림1. 보강토 옹벽의 구성>

2. 재료의 특성

2.1 보강재

(1) 보강재는 일정간격으로 수평배치하는 띠형과 전체면에 설치하는 평면형 보강재로 구분하며 각 형식의 보강재는 다음과 같다.

- ① 띠 형: 아연도강판, 알루미늄합금, 스테인레스강, 띠형섬유 등
- ② 평면형: 격자형 토목섬유, **PP**섬유, **PET**섬유, 직포매트 등

(2) 보강토 옹벽을 위한 보강재는 다음과 같은 조건을 갖춰야 한다.

- ① 보강목적의 인장강도를 보유해야 한다.

- ② 최대인장강도 발생시 변형률은 **5%** 이내이어야 한다.
 - ③ 흙과의 마찰저항력이 수평토압에 저항할 수 있어야 한다.
 - ④ 시공 중의 손상에 대한 저항성을 지녀야 한다
 - ⑤ 화학, 물리 및 생화학적 작용에 대해 내구성을 지녀야 한다.
 - ⑥ 금속보강재는 반드시 방식 처리를 하여야 한다.
- (3) 보강재의 설계인장강도(T_a)는 <식1-1>과 같이 장기인장강도(T_l)에 안전율(**FS**)을 적용하여 계산한다.**

$$T_a = \frac{T_l}{FS} \quad \text{<식1>}$$

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

$$T_l = \frac{T_{ult}}{RF} \quad \text{<식2>}$$

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

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**)

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

2.2 전면판

- (1) 패널식 보강토옹벽의 전면판은 콘크리트 28일 압축강도가 최소**

한 **30.0MPa(300kgf/cm²)**이어야 한다.

- (2) 블록식 보강토옹벽의 프리캐스트 콘크리트 블록의 **28일** 압축강도는 최소한 **24.0MPa(240kgf/cm²)**이어야 한다.

2.3 뒤채움재료

- (1) 보강토 옹벽의 뒤채움재료로 사용하는 흙은 다음의 성질을 갖는 재료를 사용한다.

- ① 흙-보강재 사이의 마찰효과가 큰 사질토
- ② 배수성이 양호하고 함수비 변화에 따른 강도 변화가 적은 흙
- ③ 입도분포가 양호한 흙
- ④ 보강재의 내구성을 저하시키는 화학적 성분이 적은 흙

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

<표1. 뒤채움재료 기준>

※ 1층 다짐두께는 **20cm**, 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.

3. 설계일반사항

3.1 설계목표

- (1) 보강토 옹벽은 설계수명기간 동안 보강토체의 전체적인 안정성이 유지되어야 하며, 벽체를 구성하는 각 구성부재와 연결부가 파괴되지 않아야 한다.

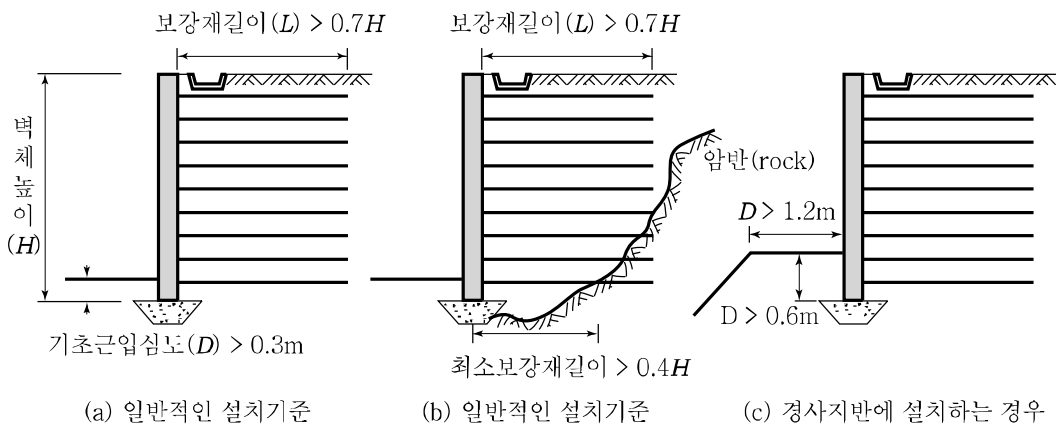
- (2) 옹벽의 사용성을 위해서 과도한 부등침하나 횡방향 변위가 발생하지 않아야 하며, 도심지의 경우에는 미관적인 요소도 고려하여 설계한다. 기초지반의 부등침하에 대한 기준은 다음과 같다.

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

<표2. 기초지반의 부등침하 기준>

3.2 보강토옹벽 적용기준

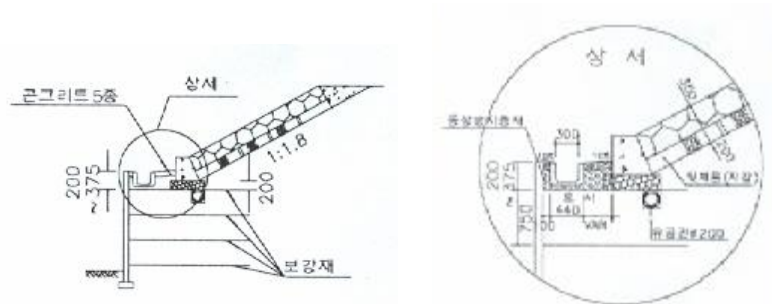
- (1) 보강재의 길이는 전면판 기초부터 벽체높이의 **0.7배**보다 길어야 하며, 실제 보강재 길이는 상재하중과 외력, 보강재와 뒤채움과의 마찰저항력을 고려하여 최종적으로 결정한다.
- (2) 보강재의 설치길이는 전체높이에 걸쳐 동일하게 하며, 특별한 하중조건이나 목적을 위해서 상부나 하부의 보강재 길이를 길거나 짧게 할 수 있다.
- (3) 보강재의 수직설치간격은 **1.0m**를 초과하지 않도록 하고, 저항영역내로 설치되는 보강재의 길이는 최소 **1.0m** 이상이 되어야 한다.
- (4) 전면벽체는 기초지반내로 최소 **0.3m**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



<그림2. 보강토 옹벽의 설치기준>

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

① 단면도



<그림3. 판넬식 보강토 옹벽과 성토시설물 중복구간 처리방안>

② 마감처리 형식

- 마감처리 : 콘크리트
- 마감두께 : **10cm**
- U형플류관 : $\phi=300mm$
- 유공관 : $\phi=200mm$ (설치유공관은 보강토옹벽 끝나는 지점에서 법면 맞으로 연장설치하여 법면하단 수로에 연결)

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

3.3 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.

4. 보강토옹벽의 설계

4.1 검토항목

(1) 보강토 옹벽의 안정해석은 외적안정해석과 내적안정해석으로 구분하여 수행한다.

(2) 외적안정과 내적안정에서 검토하는 항목은 다음과 같다.

① 외적안정: 저면활동, 지지력, 전도, 전체안정성, 침하에 대한 안정성

② 내적안정: 인발파괴, 보강재파단, 보강재와 전면판의 연결부 파단

4.2 안전율기준

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

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	

<표3. 보강토 옹벽의 설계안전율>

4.3 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.

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

<표4. 옹벽의 설계안전율>

(1) 활동 안정성

- ① 활동에 대한 안정성은 기초지반면과 옹벽저면에서의 미끄러짐이 발생하는가에 대한 검토이다. 경사하중 또는 비탈면상에 설치된 기초, 수평력을 받는 구조물의 기초에 대해서는 활동에 대한 파괴를 검토해야 한다.
- ② 활동에 대한 검토는 활동을 유발하는 횡방향 하중과 활동에 저항하는 저항력의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다

<식

3>

여기서, s_R : 활동저항력(resisting force to sliding)

s_D : 활동력(sliding force)

- ③ 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

- ① 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.

- ② 전도의 검토는 옹벽에 작용하는 하중의 조합에 의해 작용모멘트와 저항모멘트의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

<식4>

여기서, M_R : 저항모멘트 (resisting moment)

M_D : 활동모멘트 (driving moment)

- ③ 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

- ① 지지력 검토는 다음과 같이 옹벽하부에 발생하는 지반반력 (q_{max})이 지반의 허용지지력(q_a) 이상이 되는지를 검토한다.

<식

5>

여기서, q_a : 지반의 허용지지력

q_{max} : 지반반력

- ② 지반의 지지력의 계산은 구조물기초설계기준(건설교통부, 2003)을 참조한다.

(4) 전체 안정성

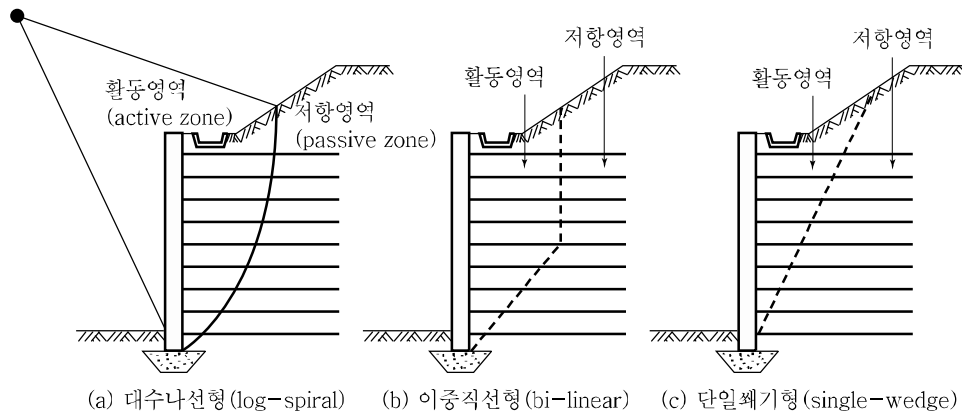
- ① 전체안정성은 옹벽을 포함한 기초지반 전체의 안정성을 의미한다. 옹벽이 설치되는 원지반이 특히 점성토 등의 연약 지반인 경우에는 강도에 대한 안정성뿐만 아니라 침하에 대한 안정성도 검토하여야 한다.
- ② 기준안전율이 확보되지 않은 경우는 다음의 방법을 적용하여

지반의 안정성을 향상시킬 수 있다.

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

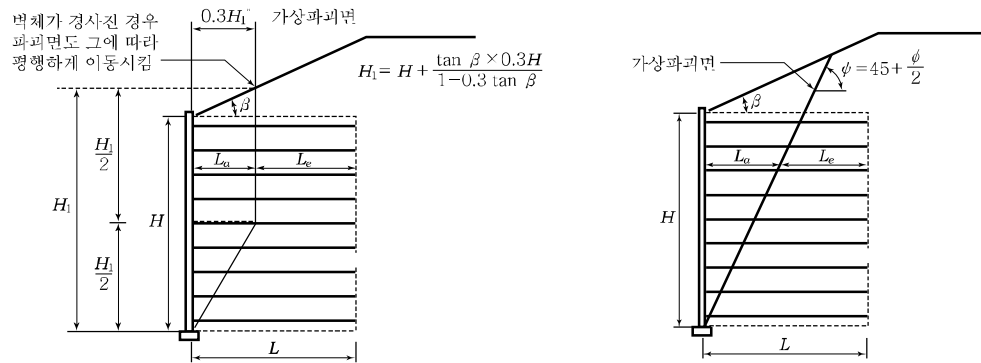
4.4 내적안정해석

- (1) 보강토 옹벽의 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 대수나선형태로 발생한다. 안정해석의 간편성을 위하여 직선 또는 이중직선으로 가정할 수 있다.



<그림 4. 보강토체 내부의 파괴형태>

보강토 옹벽의 파괴형태는 보강재의 연신율 특성에 따라 크게 2가지 파괴형태로 가정할 수 있다. 금속재료 및 지오그리드와 같이 비교적 연신율이 작은 보강재의 경우는 파괴범위가 벽체쪽에 가깝게 발생하는 경향을 나타내며 이런 경우는 두 개의 직선으로 파괴면을 간주하고, 토목섬유와 같이 연신율이 큰 벽체의 경우는 옹벽의 주동파괴와 유사한 파괴형태를 나타내며 이러한 경우는 1개의 직선으로 주동파괴 형태로 파괴가 발생하는 것으로 간주한다.



(a) 변형율이 작은 보강재 (1% 미만) (b) 변형율이 큰 보강재 (1%이상)

<그림 5. 활동영역과 저항영역의 구분>

- (3) 파괴면에서 각각의 보강재에 작용하는 최대인발하중(T_{max})은 각 보강재 위치에서 작용하는 수평토압계수와 보강재의 수직설치 간격을 고려하여 다음 식을 이용하여 산정할 수 있다.

$$T_{max} = \sigma_h S_v \text{ (kN/m)} \quad \text{<식7>}$$

여기서,

σ_h : 보강재에 작용하는 최대하중($\sigma_h = K_h \sigma_v + \Delta \sigma_h$)

K_h : 수평토압계수(해설그림 11.6 참조)

σ_v : 보강재 위치에서의 연직토압(분포 상재하중 포함)

$\Delta \sigma_h$: 상재하중에 의해 유발되는 보강재 위치에서의 수평토압

S_v : 보강재의 수직설치 간격

- (4) 내적안정해석은 각각의 보강재 위치에서 구한 최대인발하중보다 보강재의 장기허용인장강도(T_a)가 크거나 또는 인발저항력(P)이 커야 한다.

5. 지진시 안정해석

5.1 일반사항

- (1) 지진시 보강토 옹벽의 안정해석에서는 다음의 사항을 검토한다.

- ① 보강토 옹벽기초지반의 액상화에 대한 검토
- ② 보강토 옹벽의 외적안정성에 대한 검토
- ③ 보강토 옹벽의 내적안정성에 대한 검토

5.2 지진시 고려하는 하중

- (1) 지진시 보강토 옹벽의 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 수평지진계수를 곱하여 산정하고 보강토체의 도심에 수평으로 작용시킨다.
- (3) 동적토압은 보강된 토체 뒷부분의 파괴썰기에 의해 보강토체에 작용하는 토압이며 파괴흙썰기의 자중과 수평지진계수를 곱하여 산정한 토압이며 **Monobe - Okabe**의 방법을 이용하여 산정한다.
- (4) 지진계수()는 지반가속도계수(**A**)를 이용하여 다음과 같이 계산한다.

<식7>

5.3 지진시 외적안정해석

- (1) 지진시 외적안정해석에는 다음의 사항을 검토한다.
 - ① 활동에 대한 검토
 - ② 전도에 대한 검토
 - ③ 지지력에 대한 검토
 - ④ 전체안정성에 대한 검토
- (2) 외적안정해석에서는 정적하중, 지진관성력, 동적토압의 **1/2**만 작용시켜 안정해석을 실시하며, 지진관성력은 토체의 중심에, 동적토압은 옹벽높이의 **0.6H**에 작용시킨다.
- (3) 외적안정해석에서 지진관성력은 관성력의 영향을 받는 보강토체의 자중과 지진계수를 곱하여 산정한다.

5.4 지진시 내적안정해석

- (1) 지진시의 내적안정해석은 지진관성력에 의해 각각의 보강재에 추가되는 하중에 대하여 보강재파괴와 인발파괴가 발생하지 않도록 한다.
- (2) 내적안정해석에서 지진관성력은 활동영역의 자중과 지진계수를

급하여 산정하고, 활동영역내의 각각의 보강재가 차지하는 면적 비율로 지진관성력을 분담하는 것으로 한다.

- (3) 지진시 내적안정해석은 각각의 보강재 위치에서 지진에 의해 추가되는 인장력을 고려하여 정적상태와 동일하게 계산한다.

6. 보강토 옹벽의 배수시설

- (1) 보강토체에 이용되는 뒤채움재료는 비교적 배수성이 양호하고 전면 배수공이 충분한 양질의 토사를 이용하지만, 다량의 배면 유입수로 뒤채움 흙이 포화되면 흙의 전단강도가 급격히 저하하여 불안한 상태가 될 수 있으므로 배면 용출수의 유무, 수량의 과다에 따라 적절한 배수시설을 하여야 한다.

- (2) 보강토 옹벽의 배수처리를 위하여 다음과 같은 배수시설을 설치해야 한다.

- ① 보강토체 내부 수평배수층
- ② 보강토체 전면판 뒤 **30~100cm** 필터재 설치
- ③ 벽체 상부 지표수 유입방지를 위한 배수구 설치

<참고문헌>

- 1. 구조물기초설계기준(건설교통부, 2003)
- 2. 고속도로공사 전문시방서(한국도로공사, 2004)
- 3. 건설공사 비탈면설계기준(건설교통부, 2006)
- 4. 보강토옹벽과 성토시설물 중복구간 처리방안(설계이15212-1226호, '98. 9.15)
- 5. 보강토옹벽의 보강재 설계적용방안 검토(설계이15212-1228호, '98. 9.15)
- 6. 보강토 옹벽의 뒤채움 시공기준 검토(설계이13202-388호, '01. 7.30)