

## 제3장 시설물 성능평가

---

### 3.1 절토사면 성능평가

### 3.2 보강토옹벽 성능평가



## 제3장 시설물 성능평가

### 3.1 절토사면 성능평가

#### 3.1.1 일반 사항

성능평가 대상 비탈면은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 제40조 및 동법 시행령 제28조의 규정에서 정하고 있는 제2종 시설물로서 지반의 구성 재료에 따라 토사사면과 암반사면 그리고 토사와 암반이 혼합되어 있는 경우는 혼합사면으로 구분한다.

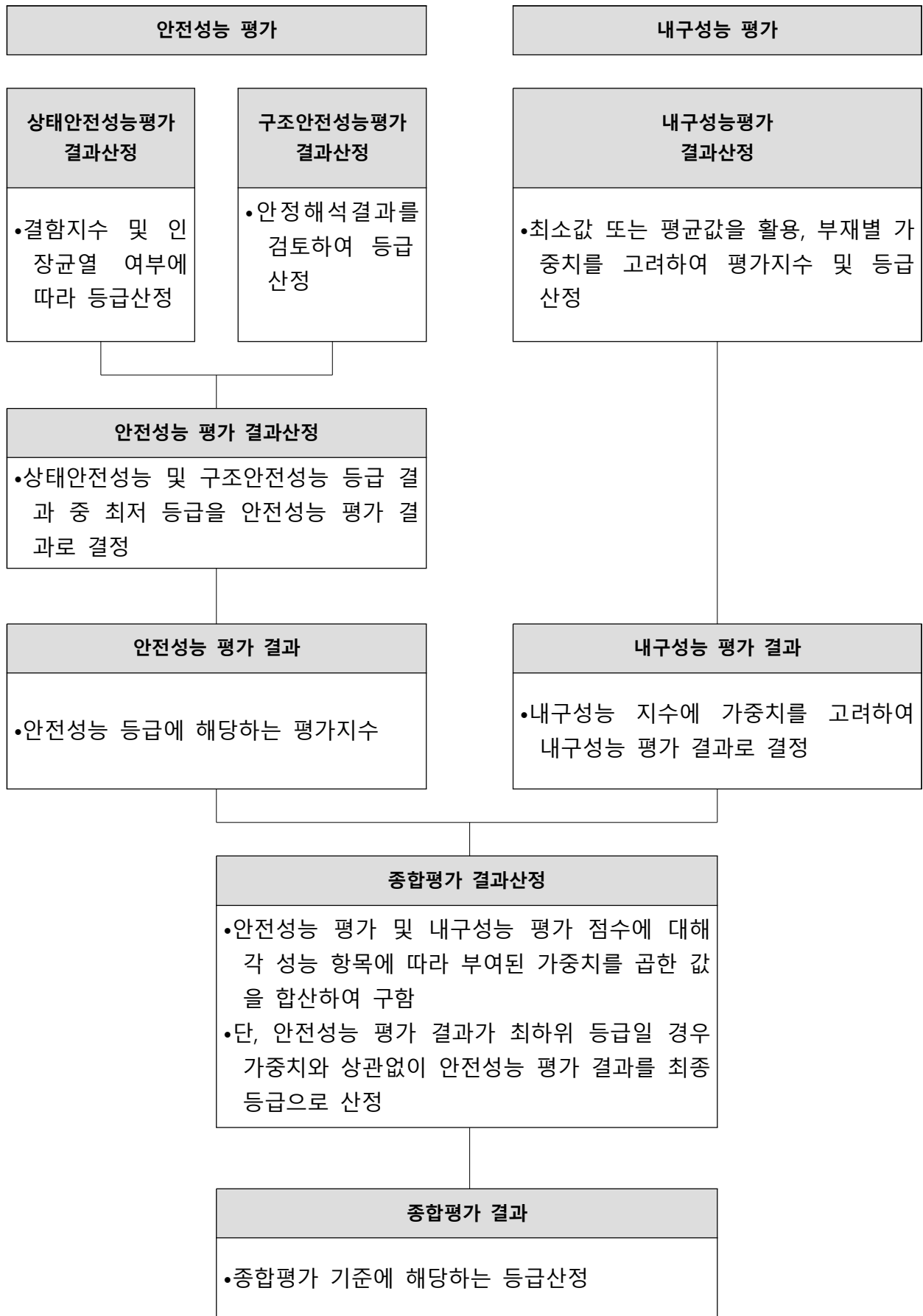
절토사면의 성능평가 적용범위인 2종 시설물은 도로 및 철도의 부대시설로 연직높이 30m 이상(옹벽이 있는 경우 옹벽상단으로부터의 높이)을 포함한 절토부로서 단일 수평연장 100m 이상인 절토사면에 적용한다.

#### 3.1.2 성능평가 방법

절토비탈면의 성능평가는 안전성능평가와 내구성능평가를 평가하고 이를 종합적으로 분석하여 최종 종합평가를 시행한다. 안전성능평가는 각 지표별 결함지수에 따라 등급을 산정하는 상태안전성능과 안정해석 결과를 통해 얻어진 안전율로 등급을 산정하는 구조안전성능평가로 세분화된다. 각 단계별 성능평가 방법은 다음과 같다.

- 1) 상태안전성능 : 인장균열이 없는 경우 결함지수에 따라 등급을 산정하며, 인장균열이 있는 경우에는 진행 여부에 따라 최저등급으로 산정
- 2) 구조안전성능 : 안정해석결과 안전율에 따라 등급 산정
- 3) 안전성능평가 : 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최저등급으로 산정
- 4) 내구성능평가 : 지표별 평가등급을 산정하여 등급에 따른 결함지수에 사면형식별 지표 가중치를 곱하여 내구성능 등급 산정
- 5) 종합평가 : 안전성능 평가 결과가 최하위 등급일 경우 가중치와 상관없이 안전성능 평가 결과를 최종등급으로 산정하며, 그렇지 않을 경우 각 성능항목의 가중치를 곱한 값으로 최종등급을 산정

상기와 같은 항목별 성능평가를 통해 최종 성능평가가 이루어지며, 성능평가 흐름도는 다음과 같다.



【그림 3.1】 성능평가 흐름도

## 3.1.3 안전성능평가

안전성능은 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 평가하는 상태안전성능과 공학적인 안정성을 평가하는 구조안전성능으로 구분한다.

□ 상태안전성능은 사면의 내적상태와 외적상태의 관찰을 통해 평가

- 사면 내적상태 : 사면을 구성하는 재료의 특성(토층·암반 등) 및 형상에서 관찰되는 특징을 의미하며 육안관찰, 실내실험, 현장실험 등으로 평가한다.
- 사면 외적상태 : 사면에서 관찰되는 외부요인(지하수, 식생, 시설물 등)의 특징을 의미하며 주로 육안관찰을 통해 평가한다.

□ 구조안전성능은 공학적인 관점에서 평가할 수 있는 안전 수준

## 가. 상태안전성능평가 기준 및 방법

## 1) 상태안전성능평가 성능지표 및 기준

절토사면의 상태안전성능평가 시 형식별 고려해야할 주요 성능지표는 다음과 같다.

【표 3.1】 사면 형식별 성능지표

| 구 분  | 평가 요소                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                              |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | 토사사면                                                                                                                                       | 암반사면                                                                                                                                                                      | 혼합사면                                                                                                                                                                         |
| 절토사면 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 집수지형</li> <li>○ 지반변형</li> <li>○ 지하수</li> <li>○ 배수조건</li> <li>○ 사면상부 상태</li> <li>○ 붕괴이력</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 집수지형</li> <li>○ 불안정지질</li> <li>○ 불연속면 특성</li> <li>○ 지반변형</li> <li>○ 지하수</li> <li>○ 배수조건</li> <li>○ 붕괴이력</li> <li>○ 낙석</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 불안정지질</li> <li>○ 불연속면 특성</li> <li>○ 지반변형</li> <li>○ 지하수</li> <li>○ 배수조건</li> <li>○ 붕괴이력</li> <li>○ 낙석</li> <li>○ 사면상부 상태</li> </ul> |

【표 3.2】 집수지형 평가기준

| 평가항목 및 등급              |   | 평가 기준 | 평가 내용              |
|------------------------|---|-------|--------------------|
| 사면 내·외<br>집수지형<br>개소 수 | a | 없음    | 계곡부 또는 집수지형 없음     |
|                        | b | 1개소   | 계곡부 또는 집수지형 1개소    |
|                        | c | 2개소   | 계곡부 또는 집수지형 2개소    |
|                        | d | 3개소   | 계곡부 또는 집수지형 3개소    |
|                        | e | 4개소   | 계곡부 또는 집수지형 4개소 이상 |

【표 3.3】 불안정지질 평가기준

| 평가항목 및 등급 |   | 평가 기준                 | 평가 내용                                                                |
|-----------|---|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 규모 및 상태   | a | 없음                    | 없음                                                                   |
|           | b | 일부 분포<br>(건고)         | 불안정 지질이 일부 분포하고 있으나 견고한 상태                                           |
|           | c | 국지적 분포<br>(파쇄)        | 불안정 지질이 국지적으로 분포하고 있으며 파쇄가 심한 상태                                     |
|           | d | 전반적인 분포<br>(파쇄)       | 퇴적암을 포함하는 불안정 지질이 사면 전반에 걸쳐 분포하고 있으며, 파쇄가 심한 상태                      |
|           | e | 전반적인 분포<br>(파쇄, 누수 등) | 퇴적암을 포함하는 불안정 지질이 사면 전반에 걸쳐 분포하고 있으며, 파쇄가 심하고 누수 및 유실물 등이 발생하고 있는 상태 |

【표 3.4】 불연속면 특성 평가기준

| 평가항목 및 등급 |   | 평가 기준 | 평가 내용                                                                                            |
|-----------|---|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 불연속면의 상태  | a | 매우 양호 | 불연속면의 세부(연장, 틈새, 거칠기, 충전물, 풍화도, 절리간격) 상태를 평가하여 산술평균값으로 평가<br>불연속면 상태 점수 = $\Sigma(① \sim ⑥) / 6$ |
|           | b | 양호    |                                                                                                  |
|           | c | 보통    |                                                                                                  |
|           | d | 불량    |                                                                                                  |
|           | e | 매우 불량 |                                                                                                  |

【표 3.5】 불연속면 세부 상태 평가기준

| 평가항목    |    | 등급     |                    |                    |                    |                    |
|---------|----|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|         |    | a      | b                  | c                  | d                  | e                  |
| 점수      | 일반 | 0      | 5                  | 10                 | 16                 | 24                 |
|         | 혼합 | 0      | 1                  | 3                  | 5                  | 8                  |
| ① 연 장 성 |    | 1.0m미만 | 1.0m이상<br>3.0m미만   | 3.0m이상<br>10.0m미만  | 10.0m이상<br>20.0m미만 | 20.0m이상            |
| ② 틈 새   |    | 0      | 0.1mm미만            | 0.1mm이상<br>1.0mm미만 | 1.0mm이상<br>5.0mm미만 | 5.0mm이상            |
| ③ 거 칠 기 |    | 매우 거침  | 거침                 | 약간 거침              | 평탄                 | 매우 평탄              |
| ④ 충 전 물 |    | 없음     | 단단한 충전물<br>(5mm미만) | 단단한 충전물<br>(5mm이상) | 연약한 충전물<br>(5mm미만) | 연약한 충전물<br>(5mm이상) |
| ⑤ 풍 화 도 |    | 신선     | 약한 풍화              | 보통 풍화              | 심한 풍화              | 완전 풍화              |
| ⑥ 절리간격  |    | 2.0m이상 | 0.6m이상<br>2.0m미만   | 0.2m이상<br>0.6m미만   | 0.06m이상<br>0.2m미만  | 0.06m미만            |

【표 3.6】 지반변형 평가기준

| 평가항목 및 등급         |   | 평가 기준           | 평가 내용                                                                       |
|-------------------|---|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 포행, 단차, 배<br>부름 등 | a | 변형 없음           | 지반변형이 없는 상태                                                                 |
|                   | b | 약간의 변형          | 일부 변형이 발생하였으나,<br>사면의 안전성능에는 영향이 없는 상태                                      |
|                   | c | 국지적인 변형         | 여러 구간에 변형이 발생하였으나,<br>사면의 안전성능에는 영향이 없는 상태                                  |
|                   | d | 사면 전반에<br>걸친 변형 | 지반변형이 발생하여 붕괴위험은 있으나, 붕괴로<br>인해 사면하부 주 구조물에는 직접적인 영향이<br>없는 상태              |
|                   | e | 사면 전반에<br>걸친 변형 | 평가대상 구간 전반에 변형이 발생하여 대규모<br>붕괴위험이 예상되며 붕괴발생으로 사면하부의<br>주구조물에 영향을 미칠 수 있는 상태 |

【표 3.7】 지하수 평가기준

| 평가항목 및 등급    |   | 평가 기준            | 평가 내용                                       |
|--------------|---|------------------|---------------------------------------------|
| 누수상태 및<br>위치 | a | 건조(dry)          | 지하수의 흐름이 관찰되지 않고 표면이<br>건조한 상태              |
|              | b | 젖음(wet)<br>사면하부  | 사면의 표면이 축축하거나 습하게 젖은<br>정도로 사면 하부에서 관찰되는 상태 |
|              | c | 젖음(wet)<br>사면상부  | 사면의 표면이 축축하거나 습하게 젖은<br>정도로 사면 상부에서 관찰되는 상태 |
|              | d | 흐름(flow)<br>사면하부 | 사면 표면에서 물이 흐르는 상태이며,<br>사면 하부에서 용출이 관찰되는 상태 |
|              | e | 흐름(flow)<br>사면상부 | 사면 표면에서 물이 흐르는 상태이며,<br>사면 상부에서 용출이 관찰되는 상태 |

【표 3.8】 배수시설 평가기준

| 평가항목 및 등급 |   | 평가 기준 | 평가 내용                                                                            |
|-----------|---|-------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 배수조건      | a | 완전배수  | 지표 및 지하배수구가 모두 적용되어 원활한<br>배수를 이루고 있는 상태 또는 사면이 건조한<br>상태로 배수시설의 적용이 필요하지 않은 상태  |
|           | b | 양호    | 배수시설이 노후 되었으나 배수기능이 원활한 상태                                                       |
|           | c | 보통    | 배수시설이 노후 되고 일부 균열이 관찰되나<br>배수기능이 원활한 상태                                          |
|           | d | 불량    | 배수시설이 노후 되고 균열 및 변형 등의 결함이<br>발생하여 배수기능이 불량한 상태                                  |
|           | e | 매우 불량 | 지표수 및 지하수로 인해 사면의 안전성능에<br>직접적인 영향을 미치며, 배수시설이 설치되어<br>있지 않거나 결함으로 인해 배수를 못하는 상태 |

【표 3.9】 붕괴이력 평가기준

| 평가항목 및 등급 |   | 평가 기준     | 평가 내용                                                               |
|-----------|---|-----------|---------------------------------------------------------------------|
| 붕괴이력      | a | 없음        | 없음                                                                  |
|           | b | 세굴 및 표층균열 | 사면의 표면 세굴 및 소규모 유실 등의 발생이력                                          |
|           | c | 표층파괴      | 표층유실 및 낙석, 암탈락 등 사면 표층파괴 발생이력                                       |
|           | d | 심층파괴      | 사면의 전반적인 안정성에 영향을 미치며, 보강공법을 요하는 대규모 심층파괴 발생이력                      |
|           | e | 대규모파괴     | 사면의 전반적인 안정성에 영향을 미치며, 보강공법을 요하는 대규모 파괴가 발생하여 사면하부 주구조물에 피해가 발생한 상태 |

【표 3.10】 낙석 발생 규모 평가기준

| 평가항목 및 등급 |   | 평가 기준            | 평가 내용                                                 |
|-----------|---|------------------|-------------------------------------------------------|
| 발생 규모     | a | 없음               | 기 발생하여 적치된 낙석의 양으로 평가하며 평가구간 내에 발생한 낙석의 규모를 모두 합하여 평가 |
|           | b | 1.0m³미만          |                                                       |
|           | c | 1.0m³이상 5.0m³미만  |                                                       |
|           | d | 5.0m³이상 10.0m³미만 |                                                       |
|           | e | 10.0m³이상         |                                                       |

【표 3.11】 예상 낙석에너지 평가기준

| 평가항목 및 등급 |   | 평가 기준          | 평가 내용                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------|---|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 예상 낙석 에너지 | a | 없음             | 사면에 존재하는 뜬돌 및 이완암 등 낙석발생 가능성이 있는 암괴의 규모, 위치 등을 적용하여 낙석에너지 산정<br>$E_i = (1 - \frac{u}{\tan\theta}) \times (1 + \beta) \times m \times g \times H$ 여기서, □ $E_i$ = 낙석에너지(kJ), □ $\theta$ = 사면의 경사,<br>□ $u$ = 낙석의 등가마찰계수(0.15),<br>□ $\beta$ = 회전에너지계수(0.1),<br>$m$ = 낙석의 중량(t), □ $H$ = 낙석의 높이(m),<br>$g$ = 중력가속도(9.8m/sec²),<br>( $u, \beta$ 는 상수, 각각 0.15, 0.1 적용) |
|           | b | 50kJ미만         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|           | c | 50kJ이상 70kJ미만  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|           | d | 70kJ이상 120kJ미만 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|           | e | 120kJ이상        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

【표 3.12】 사면의 상부 상태 평가기준

| 평가항목 및 등급  |   | 평가 기준       | 평가 내용                                                    |
|------------|---|-------------|----------------------------------------------------------|
| 상부 자연사면 경사 | a | 없음          | 상부자연사면으로부터 지표수가 유입될 수 있는 정도를 평가하기 위한 것으로 자연사면의 대표 경사로 평가 |
|            | b | 10°미만       |                                                          |
|            | c | 10°이상 20°미만 |                                                          |
|            | d | 20°이상 30°미만 |                                                          |
|            | e | 30°이상       |                                                          |

【표 3.13】인장균열 평가기준

| 평가항목 및 등급        |   | 평가 기준    | 평가 내용               |
|------------------|---|----------|---------------------|
| 인장균열 유무<br>및 진행성 | a | 없음       | 인장균열 없음             |
|                  | b | -        | -                   |
|                  | c | -        | -                   |
|                  | d | 있음(비진행성) | 인장균열이 확인되나 비진행성인 상태 |
|                  | e | 있음(진행성)  | 인장균열이 확인되나 진행중인 상태  |

## 2) 구성 재료에 따른 지표등급 점수

【표 3.14】토사사면의 평가항목별 등급에 따른 점수

| 평가항목                                          | 등급에 따른 점수 |   |    |    |    |
|-----------------------------------------------|-----------|---|----|----|----|
|                                               | a         | b | c  | d  | e  |
| ① 집수지형                                        | 0         | 3 | 5  | 8  | 12 |
| ② 지반변형                                        | 0         | 5 | 10 | 16 | 24 |
| ③ 지하수                                         | 0         | 4 | 8  | 12 | 18 |
| ④ 배수조건                                        | 0         | 2 | 4  | 7  | 10 |
| ⑤ 사면 상부상태                                     | 0         | 3 | 6  | 9  | 14 |
| ⑥ 붕괴이력                                        | 0         | 5 | 9  | 14 | 22 |
| 결함지수 = $\Sigma(\text{①} \sim \text{⑥}) / 100$ |           |   |    |    |    |

【표 3.15】암반사면의 평가항목별 등급에 따른 점수

| 평가항목                                          | 등급에 따른 점수 |     |      |       |       |
|-----------------------------------------------|-----------|-----|------|-------|-------|
|                                               | a         | b   | c    | d     | e     |
| ① 집수지형                                        | 0         | 1   | 3    | 4     | 6     |
| ② 불안정 지질                                      | 0         | 3   | 6    | 10    | 15    |
| ③ 불연속면의 특성                                    | 0         | 1~5 | 6~10 | 11~16 | 17~24 |
| ④ 지반변형                                        | 0         | 2   | 4    | 6     | 9     |
| ⑤ 지하수                                         | 0         | 2   | 3    | 5     | 8     |
| ⑥ 배수조건                                        | 0         | 2   | 5    | 7     | 11    |
| ⑦ 붕괴이력                                        | 0         | 2   | 4    | 7     | 10    |
| ⑧ 낙석                                          | 0         | 4   | 7    | 11    | 17    |
| 결함지수 = $\Sigma(\text{①} \sim \text{⑧}) / 100$ |           |     |      |       |       |

【표 3.16】 혼합사면의 평가항목별 등급에 따른 점수

| 평가항목                          | 등급에 따른 점수 |   |     |     |     |
|-------------------------------|-----------|---|-----|-----|-----|
|                               | a         | b | c   | d   | e   |
| ① 집수지형                        | 0         | 2 | 3   | 5   | 7   |
| ② 불안정 지질                      | 0         | 3 | 6   | 9   | 14  |
| ③ 불연속면의 특성                    | 0         | 1 | 2~3 | 4~5 | 6~8 |
| ④ 지반변형                        | 0         | 2 | 5   | 7   | 11  |
| ⑤ 지하수                         | 0         | 3 | 5   | 8   | 12  |
| ⑥ 배수조건                        | 0         | 2 | 4   | 7   | 10  |
| ⑦ 붕괴이력                        | 0         | 2 | 5   | 7   | 11  |
| ⑧ 낙석                          | 0         | 3 | 5   | 8   | 12  |
| ⑨ 사면 상부상태                     | 0         | 3 | 6   | 10  | 15  |
| 결함지수 = $\Sigma(①\sim⑨) / 100$ |           |   |     |     |     |

## 3) 상태안전성능평가 결과 산정

## ① 개요

상태안전성능 등급의 결과 산정방법은 평가된 항목별 점수를 모두 합산하여 100으로 나눈 값으로 산정한다. 집수지형 및 낙석의 경우 두 개의 평가항목 중 등급이 낮은 항목을 선정한다. 불연속면 특성(연장성, 틈새, 거칠기, 충전물, 풍화도, 절리간격)은 각 항목별 평가된 점수의 산술평균값으로 평가한다. 다만, 인장균열이 확인되는 경우 인장균열을 반영한 상태안전성능평가 결과를 선정하고 구조안전성능 평가결과 및 현장 상태에 따라 보강 대책방안을 검토해야 한다. 인장균열의 결함점수는 d, e 등급에 따른 각각의 평균값으로 산정한다

【표 3.17】 인장균열 결함점수 산정

| 구 분  | 평가등급 | 결함점수 | 결함지수 |
|------|------|------|------|
| 인장균열 | a    | 8    | 0.08 |
|      | d    | 65   | 0.65 |
|      | e    | 88   | 0.88 |

## ② 결과 산정

상태안전성능의 평가 결과는 인장균열 유무 및 진행성여부를 고려하여 분할 평가한 구간 중 최소 등급으로 산정된 값을 적용한다.

【표 3.18】 상태안전성능 평가 결과 범위

| a등급               | b등급                  | c등급                  | d등급                  | e등급           |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| $0 \leq f < 0.15$ | $0.15 \leq f < 0.30$ | $0.30 \leq f < 0.55$ | $0.55 \leq f < 0.75$ | $0.75 \leq f$ |

## 나. 구조안전성능평가 기준 및 방법

## 1) 구조안전성능평가 기준

사면은 자연지반이 주 구성물질이므로 안정해석을 실시함에 있어 타 시설물에 비해 불확실성이 높은 요소들이 많이 존재한다. 따라서 구조안전성능 평가 기준은 인공구조물로 이루어진 타 시설물에 비해 높은 수준의 평가기준을 적용하는 것이 바람직하므로 국내에서 표준으로 사용되는 '건설기준코드(구 건설공사 비탈면 설계기준)'의 깎기비탈면 설계시 허용안전율을 평가기준에 적용한다. 또한 기준산정에 있어 안정해석 결과가 허용안전율 보다 클 경우에는 설계기준에 적합한 상태이므로 B, C가 아닌 A로 산정하며, 허용안전율 보다 작을 경우에는 보강 및 사용제한 등의 조치가 필요한 D, E로 산정한다.

【표 3.19】 구조안전성능 평가기준

| 평가기준 |      | 상 태                |                                                |
|------|------|--------------------|------------------------------------------------|
| 등급   | 결함지수 | 건기                 | 우기(침투해석)/내진                                    |
| a    | 0.08 | 안전율 1.5 이상         | 안전율 1.2(1.3) 이상/1.1 이상                         |
| b    | -    | -                  | -                                              |
| c    | -    | -                  | -                                              |
| d    | 0.65 | 안전율 1.0 이상, 1.5 미만 | 안전율 1.0 이상, 1.2(1.3) 미만/<br>안전율 1.0 이상, 1.1 미만 |
| e    | 0.88 | 안전율 1.0 미만         | 안전율 1.0 미만                                     |

## 2) 구조안전성능평가 결과 산정

구조안전성능 평가시 토사사면의 경우 일반적으로 토층의 원호파괴해석이 주를 이루는 반면, 암반사면의 경우 평사투영해석을 실시한 후 파괴 가능성 여부에 따라 한계평형 해석을 실시한다.

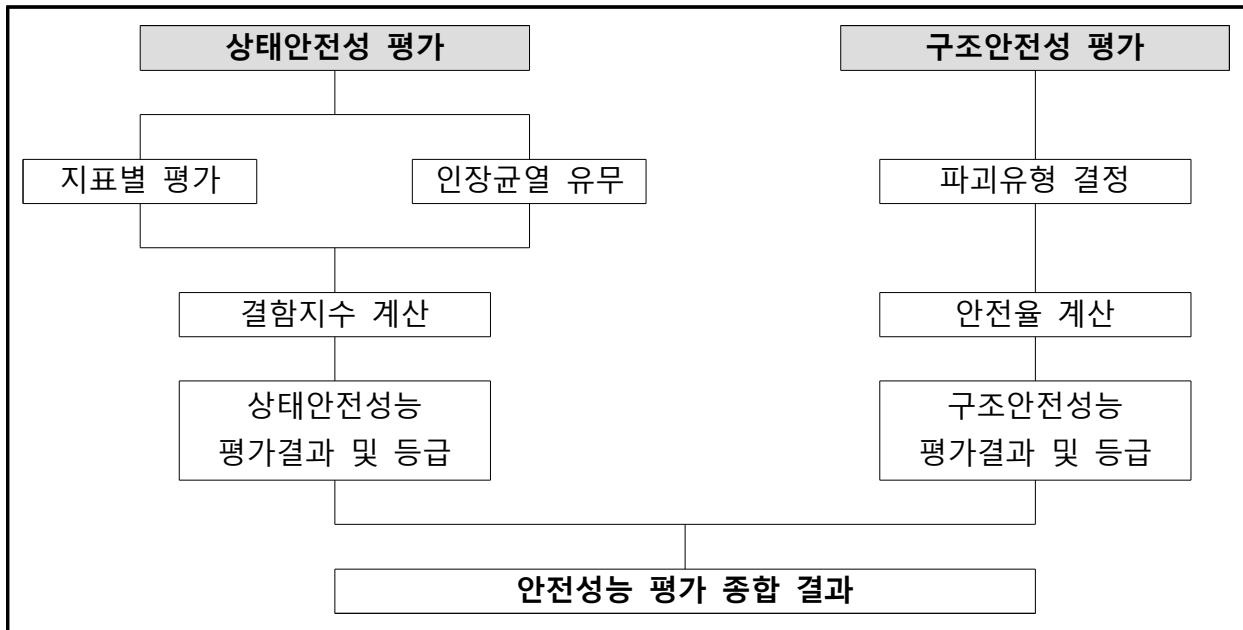
또한, 암반사면의 경우라 할지라도 지반의 강도 특성이나 불연속면의 분포 특성 등에 따라 토사사면과 같은 연속적인 거동이 가능한 암반의 경우는 이와 별도로 원호파괴 가능성에 대한 검토가 이루어 져야 한다. 내진성능 평가는 필요시에 실시하는 것으로 내진설계 성능기준 및 기타 연구결과에서 해당 시설물의 내용을 참고하고 지진의 발생빈도와 지반운동의 세기, 시설의 중요도에 따라 요구되는 내진성능을 기능수행기준과 붕괴방지 수준으로 구분하여 만족시키도록 규정하고 있다.

【표 3.20】 안정해석 조건에 따른 기준안전율

| 구 분  |    | 건기       | 우기(침투해석)      | 지진시      |
|------|----|----------|---------------|----------|
| 절토사면 | 일반 | FS > 1.5 | FS > 1.2(1.3) | FS > 1.1 |

## 다. 안전성능평가 결과 산정 방법

안전성능 평가는 상태안전성능과 구조안전성능 평가를 실시하여 둘 중 낮은 등급 결과에 따라 최종등급을 결정하여 그에 대한 대책을 마련한다. 따라서 a, d, e 3등급으로 분류하여 평가되는 구조안전성능 평가는 매우 중요하다. 상태안전성능 결과에서 c등급 이상 결과를 얻었다 할지라도 구조안전성능 평가에서 안전율이 1.0미만으로 해석된다면 e등급으로 해당 사면은 매우 불안정한 것으로 판단되기 때문에 안정성 확보를 위한 보강공법이 시급하다.



【그림 3.2】 안전성능평가 결과 산정 과정

【표 3.21】 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

| 안전등급      | 평가지수                   | 시설물의 상태                                                              |
|-----------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| A<br>(우수) | $0.00 \leq (E) < 0.15$ | 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준                             |
| B<br>(양호) | $0.15 \leq (E) < 0.30$ | 일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준   |
| C<br>(보통) | $0.30 \leq (E) < 0.55$ | 광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준 |
| D<br>(미흡) | $0.55 \leq (E) < 0.75$ | 심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준                   |
| E<br>(불량) | $0.75 \leq (E) < 1.00$ | 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준            |

## 3.1.4 내구성능평가

비탈면이란 기존 원지반을 깎아서 부지를 조성할 때 형성되는 경사진 지반으로 정의할 수 있으며, 절토비탈면에 대한 내구성능 용어 정의로는“외부환경 및 하중에 대해 원래의 사면상태가 시간에 따라 변형되거나 변질되지 않고 안전성능을 저하시키지 않도록 유지하는 성질”과 같다.

이와 같은 정의에 따라 비탈면 고유의 성질과 그 고유의 성질을 유지하도록 하는 지표 중에서 시간에 따라 변화하여 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대해 내구성능 평가를 수행한다.

선정된 지표에 대해 평가기준에 따라 등급산정을 하고, 각 등급 산정 결과에 사면형식별 중요도를 고려한 가중치를 적용하여 절토사면의 시설물에 대한 내구성능등급을 결정한다.

### 가. 내구성능평가 항목 및 기준

#### 1) 개 요

절토사면은 형식별로 토사사면, 암반사면, 혼합사면으로 구분할 수 있으며, 형식 구분에 대한 기준은 토층심도율이 적용된다. 토사사면에 대해서는 지반상태(토질), 표면보호공 및 사면보강공에 대해 평가하고, 암반사면에 대해서는 지반상태(암반), 절리상태 및 풍화도, 표면보호공 및 사면보강공에 대해 평가한다. 토층심도율이 0.2~0.4인 혼합사면에 대해서는 토질 및 암반 각각에 해당하는 지표에 대해 평가하고, 이 중 낮은 등급을 최종등급으로 결정한다.

【표 3.22】 사면 형식별 내구성능 평가지표

| 구 분  | 평가지표                                                                                                                   |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 토사사면 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지반상태(토질)</li> <li>○ 표면보호공</li> <li>○ 사면보강공</li> </ul>                         |
| 암반사면 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지반상태(암반)</li> <li>○ 표면보호공</li> <li>○ 사면보강공</li> <li>○ 절리상태 및 풍화진행도</li> </ul> |
| 혼합사면 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토사사면과 암반사면의 지표를 모두 고려</li> </ul>                                              |

각 평가지표에 대한 등급분류 기준은 다음과 같은 사항이 고려되었다. 공용중인 절토사면에 대해서 관련 평가지표가 실제로 점검이 가능한 조사방법에 의해 측정 및 평가될 수 있는지를 고려한 것이다.

예를 들어, 토사사면의 지반상태를 평가하기 위해 표준관입시험이 적용될 수 있겠으나, 공용중인 사면에 대해서 장비의 진입 및 설치가 용이하지 않다. 따라서 이러한 경우 휴대가 용이한 동적콘관입시험기를 사용하여 조사하며(제2종 성능평가 수준시 토양경도계 사용 가능), 등급분류 기준은 해당 시험법으로부터 얻을 수 있는 측정값을 고려하여 결정하였다.

## 2) 내구성능 평가 성능지표 및 기준

### ① 토사사면의 지반상태

표준관입시험은 대형의 장비를 사용해야 하는 관계로 공용 중의 사면에 활용하는 것은 적합하지 않다. 소형의 장비(휴대용 콘관입시험기)를 사용하는 동적콘관입시험은 표준관입시험과 동일한 원리를 적용하고 있으며, 표준관입시험의 N치와 동적콘관입시험의 Nd치는  $N_d = 1.15N$ 의 관계를 가지고 있다.

동적콘관입시험(DCPT)은 타격횟수(Nd)를 측정하고 측정값의 범위에 따라 등급을 산정하며 토사의 종류가 점성토의 경우에는 연경도, 사질토의 경우는 상대밀도에 따라 분류할 수 있다. 붕적 자갈층으로 형성된 사면의 경우 더욱 신뢰성 있는 평가결과를 얻기 위해서는 표준관입시험의 수행에 대한 검토가 필요하며, 이에 대해서는 관리주체 및 점검책임자의 판단에 따라 시험방법을 결정한다.

【표 3.23】 토사사면의 지반상태 등급 및 기준

| 항목           | 등급                    | 상세                     | 비 고               |                 |                 |
|--------------|-----------------------|------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| 지반상태<br>(토사) | a                     | 매우견고/매우조밀              | 동적콘관입시험(DCPT) Nd치 |                 |                 |
|              | b                     | 견고/조밀                  | 구분                | 점성토(연경토)        | 사질토(상대밀도)       |
|              |                       |                        | Nd<br>치           | 3 미만<br>(매우 연약) | 5 미만<br>(매우 느슨) |
|              | 3 이상 5 미만<br>(연약)     | 5 이상 12 미만<br>(느슨)     |                   |                 |                 |
|              | 5 이상 10 미만<br>(보통 견고) | 12 이상 35 미만<br>(중간 조밀) |                   |                 |                 |
|              | 10 이상 18 미만<br>(견고)   | 35 이상 58 미만<br>(조밀)    |                   |                 |                 |
|              | 18이상<br>(매우 견고)       | 58이상<br>(매우 조밀)        |                   |                 |                 |
| d            | 연약/느슨                 |                        |                   |                 |                 |
| e            | 매우연약/매우느슨             |                        |                   |                 |                 |

【표 3.24】 토양경도계 측정에 따른 등급 및 기준

| 항목           | 지반종류      | 등급 | 분 류   | 토양경도(mm)             |
|--------------|-----------|----|-------|----------------------|
| 지반상태<br>(토사) | 모래        | a  | 매우 조밀 | $26.0 \leq X$        |
|              |           | b  | 조밀    | $23.3 \leq X < 26.0$ |
|              |           | c  | 보통    | $20.4 \leq X < 23.3$ |
|              |           | d  | 느슨    | $17.2 \leq X < 20.4$ |
|              |           | e  | 매우 느슨 | $X < 17.2$           |
|              | 모래질<br>실트 | a  | 매우 조밀 | $18.9 \leq X$        |
|              |           | b  | 조밀    | $14.9 \leq X < 18.9$ |
|              |           | c  | 보통    | $12.0 \leq X < 14.9$ |
|              |           | d  | 느슨    | $10.2 \leq X < 12.0$ |
|              |           | e  | 매우 느슨 | $X < 10.2$           |
|              | 실트        | a  | 매우 조밀 | $11.1 \leq X$        |
|              |           | b  | 조밀    | $9.7 \leq X < 11.1$  |
|              |           | c  | 보통    | $7.1 \leq X < 9.7$   |
|              |           | d  | 느슨    | $4.7 \leq X < 7.1$   |
|              |           | e  | 매우 느슨 | $X < 4.7$            |

## ② 암반사면의 지반상태

암석강도는 풍화에 따라 시간적으로 변하는 물성치로 초기 암반 상태가 한 등급 낮은 등급으로 떨어질 때의 강도 감소율을 최하등급으로 설정하고 나머지 등급은 등간격으로 한다.

최하등급 설정근거는 건설공사 표준품셈에 제시된 암종별 내압강도를 참고하며, 극경암 → 경암, 경암 → 보통암, 보통암 → 연암, 연암 → 풍화암으로 될 때의 강도 감소율이다. 설계값이 없는 경우 초기점검시 측정값을 기준으로 평가한다.

【표 3.25】 암반사면의 지반상태 등급 및 기준

| 항목           | 등급 | 그룹 A 암석 예        |         |         |         |
|--------------|----|------------------|---------|---------|---------|
|              |    | 설계(초기 점검값) 대비 강도 |         |         |         |
|              |    | 극경암              | 경암      | 보통암     | 연암      |
| 지반상태<br>(암반) | a  | 97.5%이상          | 95.0%이상 | 94.0%이상 | 90.0%이상 |
|              |    | 100%이하           | 100%이하  | 100%이하  | 100%이하  |
|              | b  | 95.0%이상          | 90.0%이상 | 88.0%이상 | 80.0%이상 |
|              |    | 97.5%미만          | 95.0%미만 | 94.0%미만 | 90.0%미만 |
|              | c  | 92.5%이상          | 85.0%이상 | 82.0%이상 | 70.0%이상 |
|              |    | 95.0%미만          | 90.0%미만 | 88.0%미만 | 80.0%미만 |
|              | d  | 90.0%이상          | 80.0%이상 | 75.0%이상 | 60.0%이상 |
|              |    | 92.5%미만          | 85.0%미만 | 82.0%미만 | 70.0%미만 |
|              | e  | 90.0%미만          | 80.0%미만 | 75.0%미만 | 60.0%미만 |
|              |    |                  |         |         |         |

【표 3.26】 암종별 암편 내압강도

| 암종  | 그룹 | 암편 내압강도(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|----|------------------------------|
| 풍화암 | A  | 300 이상 700 미만                |
|     | B  | 100 이상 200 미만                |
| 연암  | A  | 700 이상 1,000 미만              |
|     | B  | 200 이상 500 미만                |
| 보통암 | A  | 1,000 이상 1,300 미만            |
|     | B  | 500 이상 800 미만                |
| 극경암 | A  | 1,600 이상                     |
|     | B  |                              |

【표 3.27】 A그룹, B그룹 대표 암종

| 구분                         | A 그룹                                                                           | B 그룹                                      |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 대표적 암명                     | 편마암, 사질편암, 녹색편암, 각암, 석회암, 사암, 위록응회암, 역암, 화강암, 섬록암, 김람암, 사교암, 유교암, 현암, 안산암, 현무암 | 흑색편암, 녹색편암, 휘록응회암, 혈암, 니암, 응회암, 집괴암       |
| 함유물 등에 의한 시각 판정            | 사질분, 석영분을 다량 함유하고, 암질이 단단한 것, 결정도가 높은 것                                        | 사질분, 석영분이 거의 없고 응회분이 거의 없는 것, 천매상의 것      |
| 500 ~ 1000gr 해머의 타격에 의한 판정 | 타격점의 암은 작은 평평한 암편으로 되어 비산되거나 거의 암분을 남기지 않는 것                                   | 타격점의 암이 부서지지 않고, 분상이 되어 남고 암편 비산 정도가 적은 것 |

## ③ 표면보호공

표면보호공은 사면의 안정성에 직접적인 영향을 주지는 않으나, 사면의 상태 보호 및 유지시키는데 영향을 준다. 식생의 경우 전체 면적 대비 피복 면적의 비, 콘크리트뿔어붙이기 및 석장공 같은 구조물공의 경우 전체 시공 면적 대비 손상 면적의 비를 기준으로 등급을 분류한다.

단, 식생과 구조물공이 혼재되어 있는 경우는 구조물공이 사면의 상태에 더 영향을 주므로 이에 대한 등급을 최종등급으로 한다.

【표 3.28】 표면보호공 평가등급 및 기준

| 항목        | 등급 | 보호공의 종류                 |                                              | 비 고                                                                       |
|-----------|----|-------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|           |    | 식생<br>(식생 피복율, %)       | 콘크리트뿔어붙이기/석장공<br>(손상 면적율, %)                 |                                                                           |
| 표면<br>보호공 | a  | 매우 양호<br>(90% 이상)       | 균열 및 박락 없음<br>(0 ~ 10% 미만)                   | 식생과 구조물공(콘<br>크리트뿔어붙이기/<br>석장공)이 혼재되어<br>있는 경우는 구조<br>물공의 등급을<br>최종등급으로 함 |
|           | b  | 양호<br>(70% 이상 ~ 90% 미만) | 일부 균열 발생<br>(10% 이상 ~ 30% 미만)                |                                                                           |
|           | c  | 보통<br>(50% 이상 ~ 70% 미만) | 균열 및 일부 박락 발생<br>(30% 이상 ~ 50% 미만)           |                                                                           |
|           | d  | 불량<br>(30% 이상 ~ 50% 미만) | 박락으로 일부 유실된<br>상태, 누수발생<br>(50% 이상 ~ 70% 미만) |                                                                           |
|           | e  | 매우 불량<br>(0% ~ 30% 미만)  | 대부분의 범위에서<br>박락 및 유실, 누수발생<br>(70% 이상)       |                                                                           |

## ④ 사면보강공

사면보강공에 대한 내구성능 평가는 사면의 안정성과 직·간접적으로 영향을 주는 보강 구조물을 대상으로 수행한다. 시공시의 보강공의 상태 및 성능은 양호하다는 기본 전제조건 하에 시간에 따라 보강성능 저하에 영향을 줄 수 있는 '보강공 두부와 지반의 밀착도' 및 '보강공 두부의 균열 및 파손'에 대해 평가한다. 각각에 대해 평가하고 낮은 등급을 최종등급으로 산정한다.

【표 3.29】 사면보강공 평가 등급 및 기준

| 항목        | 등급 | 보강공 두부와 지반의 밀착도 | 보강공 두부의 균열 및 파손                        |
|-----------|----|-----------------|----------------------------------------|
| 사면<br>보강공 | a  | 유격 없음           | 균열 및 파손 없음                             |
|           | b  | -               | 미세한 균열 및 파손 발생                         |
|           | c  | 일부 유격 발생        | 일부 균열 및 파손이 발생하였으나<br>그 정도가 심각하지 않은 상태 |
|           | d  | -               | 전범위에 걸쳐 균열 및 파손이<br>발생한 상태             |
|           | e  | 전체적인 유격 발생      | 균열 및 파손이 심각한 상태                        |

## ⑤ 암반의 절리상태 및 풍화진행도

절리상태(길이/틈새/거칠기/충전물) 및 풍화진행도는 시간에 따라 변화하여 암반사면의 안전성능 저하를 유발할 수 있는 가장 큰 요인에 해당하므로 이에 대한 내구성능평가를 실시한다.

길이, 틈새, 거칠기, 충전물, 풍화진행도에 대해 각각 평가하고 평균점수에 따라 등급을 산정한다. 풍화진행도는 국제암반역학회(ISRM)이 제시한 풍화등급분류 방법 및 해머타격 시험을 통한 암반의 풍화등급 분류법에 따라 평가를 실시한다.

【표 3.30】 암반의 풍화도 평가 등급 및 기준

| 평가항목  | 절리상태 및 풍화진행도 |                    |                    |                    |                    |
|-------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|       | a            | b                  | c                  | d                  | e                  |
| 길이    | < 1m         | 1~3m 미만            | 3~10m 미만           | 10~20m 미만          | ≥ 20m              |
| 틈새    | 0            | < 0.1mm            | 0.1~1mm미만          | 1~5mm 미만           | ≥ 5mm              |
| 거칠기   | 매우 거침        | 거침                 | 약간 거침              | 평탄                 | 매우 평탄              |
| 충전물   | 없음           | 단단한 충전물<br>( < 5m) | 단단한 충전물<br>( ≥ 5m) | 연약한 충전물<br>( < 5m) | 연약한 충전물<br>( ≥ 5m) |
| 풍화진행도 | 신선           | 약한 풍화              | 보통 풍화              | 심한 풍화              | 완전 풍화              |

## 가. 내구성능평가 결과 산정 방법

## 1) 개 요

내구성능평가 결과 산정방법은 각 지표별 평가 등급의 결함도 지수와 가중치를 활용하여 최종 등급을 산정하며, 혼합사면의 경우 토질과 암반을 각각 평가하여 낮은 등급을 최종등급으로 결정한다.

사면 형식별 지표의 중요도에 따라 가중치가 다르며, 평가지표에 대한 평가대상 시설물 이없는 경우에는 가중치를 보정하여 평가에 반영한다. 예를 들어 토사사면에 '사면보강공'이 없는 경우에는 '지반상태'와 '표면보호공' 두 개의 지표에 대해 가중치를 보정한 값을 적용하여 결함도 지수를 산정한다. 지표별 가중치는 다음과 같다.

【표 3.31】 등급별 결함도 지수 및 범위

| a등급               | b등급                  | c등급                  | d등급                  | e등급           |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| 0.08              | 0.23                 | 0.43                 | 0.65                 | 0.88          |
| $0 \leq E < 0.15$ | $0.15 \leq E < 0.30$ | $0.30 \leq E < 0.55$ | $0.55 \leq E < 0.75$ | $0.75 \leq E$ |

【표 3.32】 사면형식에 따른 지표별 가중치

| 사면구분 |    | 지표명          | 지표별 가중치 |        |    |     |
|------|----|--------------|---------|--------|----|-----|
|      |    |              | 기본      | 가중치 보정 |    |     |
| 토사사면 |    | 지반상태(토질)     | 40      | 53     | 62 | 100 |
|      |    | 표면보호공        | 25      | -      | 38 | -   |
|      |    | 사면보강공        | 35      | 47     | -  | -   |
| 암반사면 |    | 지반상태(암반)     | 25      | 28     | 33 | 38  |
|      |    | 절리상태 및 풍화진행도 | 40      | 44     | 53 | 62  |
|      |    | 표면보호공        | 10      | -      | 14 | -   |
|      |    | 사면보강공        | 25      | 28     | -  | -   |
| 혼합사면 | 토사 | 지반상태(토질)     | 40      | 53     | 62 | 100 |
|      |    | 표면보호공        | 25      | -      | 38 | -   |
|      |    | 사면보강공        | 35      | 47     | -  | -   |
|      | 암반 | 지반상태(암반)     | 25      | 28     | 33 | 38  |
|      |    | 절리상태 및 풍화진행도 | 40      | 44     | 53 | 62  |
|      |    | 표면보호공        | 10      | -      | 14 | -   |
|      |    | 사면보강공        | 25      | 28     | -  | -   |

## 2) 결과 산정 절차

평가대상 구간에 평가지표 대상 시설물(표면보호공, 사면보강공 등)이 없는 경우는 해당 지표를 제외하고 평가하는 지표에 대한 가중치를 보정하여 산정한다.

【표 3.33】 단계별 결과 산정 절차(혼합사면)

| 구 분 | 내 용                                                                                   |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1단계 | 토사사면 지표별 평가 및 등급산정                                                                    |
|     | 암반사면 지표별 평가 및 등급산정                                                                    |
| 2단계 | 평가항목별 가중치에 따라 구간별 내구등급 산정<br>토사/암반 구간별 등급점수 = $\sum(\text{지표등급점수} \times \text{가중치})$ |
| 3단계 | 토사사면과 암반사면의 평가등급 중 낮은 등급을 최종등급으로 결정                                                   |

【표 3.34】 토사사면의 조사 방법 및 수량

| 평가지표          | 평가범위           | 조사/점검 방법                                          | 조사/점검 수량                                                 |
|---------------|----------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 지반상태<br>(토사)  | 토사구간 전체        | 동적콘관입시험<br>(정밀안전진단시)                              | 20m 구간별 1개소,<br>최소 5개소 이상<br>(1개소당 1~2m 간격을<br>두고 3회 측정) |
| 표면보호공<br>(토사) | 토사구간 전체        | 식생이 있는 구간에 대한<br>피복을 측정                           | 토사구간 계획 및 시공<br>면적에 대한 점검시<br>식생 피복면적의 비                 |
|               |                | 콘크리트뿔어붙이기/<br>석장공이 설치된 구간에 대<br>한 손상 면적을 측정       | 콘크리트뿔어붙이기/<br>석장공 시공면적에 대한<br>손상면적의 비                    |
| 사면보강공         | 토사구간 전체<br>보강공 | 보강공 두부와 지반<br>밀착도 및 보강공 두부의<br>균열 및 파손 상태<br>육안조사 | 전체 보강공의 25%<br>이상                                        |

【표 3.35】 암반사면의 조사 방법 및 수량

| 평가지표            | 평가범위           | 조사/점검 방법                                                      | 조사/점검 수량                         |
|-----------------|----------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 지반상태<br>(암반)    | 암반구간 전체        | 설계(초기)값 대비<br>슈미트해머 강도 추정값<br>비율 측정                           | 20m 구간별 최소<br>1개소, 최소 10개소<br>이상 |
| 표면보호공<br>(암반)   | 암반구간 전체        | 토질구간의 경우와 동일                                                  | 토질구간의 경우와<br>동일                  |
| 사면보강공           | 암반구간 전체<br>보강공 | 토질구간의 경우와 동일                                                  | 토질구간의 경우와<br>동일                  |
| 절리상태 및<br>풍화진행도 | 암반구간 전체        | 절리상태: 육안조사<br>풍화진행도: ISRM<br>5단계 분류법 또는<br>해머타격 시험에 의한<br>풍화도 | 20m 구간별 1개소,<br>최소 5개소 이상        |

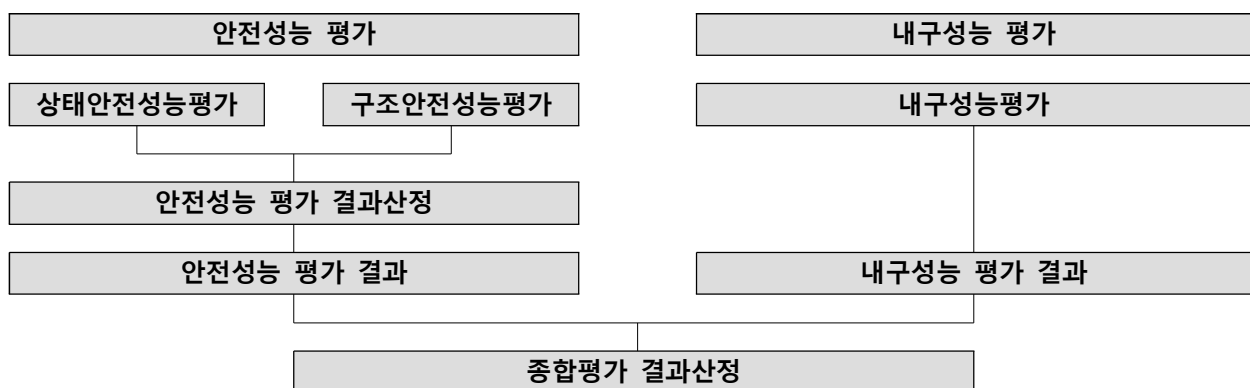
【표 3.36】 내구성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

| 안전등급      | 평가지수                   | 시설물의 상태                                                              |
|-----------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| a<br>(우수) | $0.00 \leq (E) < 0.15$ | 외부 환경조건 등으로 인한 내구성능 저하가 발생할 가능성이 낮은 성능 수준                            |
| b<br>(양호) | $0.15 \leq (E) < 0.30$ | 일부 부재에서 내구성능의 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경 등의 조건을 고려하여 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준 |
| c<br>(보통) | $0.30 \leq (E) < 0.55$ | 광범위한 부재에서 내구성능의 저하 가능성이 조사되었거나 주의가 필요한 수준으로 진행되어 간단한 보수가 필요한 성능 수준   |
| d<br>(미흡) | $0.55 \leq (E) < 0.75$ | 광범위한 부재에서 내구성 저하가 진행되어 긴급한 보수 또는 교체가 요구되는 성능 수준                      |
| e<br>(불량) | $0.75 \leq (E) < 1.00$ | 광범위한 부재에서 내구성능의 저하가 심각하게 진행되어 즉각 사용을 금지하고 보수 또는 교체가 필요한 성능수준         |

### 3.1.5 종합평가

#### 가. 종합평가 일반

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목 별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.



【그림 3.3】 종합평가 흐름도

- 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때
  - 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정함.
- 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우
  - 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정함.

## 나. 종합평가 결과 산정방법

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능평가 결과가 최하위 등급일 경우에는 가중치와 상관없이 안전성능평가 결과를 최종등급으로 산정한다.

$$\text{사면의 종합평가 지수(P)} = \sum(\text{성능평가지수(pn)} \times \text{성능간 가중치(Wn)})$$

【표 3.37】 성능간 가중치 산정 값

| 구분             | 분류                                       | 성능항목 |      |
|----------------|------------------------------------------|------|------|
|                |                                          | 안전성능 | 내구성능 |
| 성능간<br>가중치(Wn) | 일반도로 사면<br>고속도로 사면<br>일반철도 사면<br>고속철도 사면 | 0.8  | 0.2  |

## 다. 종합성능등급 지정

성능평가를 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대해 종합적으로 평가한 결과로부터 종합성능등급을 지정하여야 한다.

【표 3.38】 절토사면의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

| 종합<br>성능<br>등급 | 평가지수                   | 시설물의 상태                                                                                                           |
|----------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A<br>(우수)      | $0.00 \leq (P) < 0.15$ | 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준                                        |
| B<br>(양호)      | $0.15 \leq (P) < 0.30$ | 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준                         |
| C<br>(보통)      | $0.30 \leq (P) < 0.55$ | 광범위한 부재에서 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 일부 문제점이 있으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준 |
| D<br>(미흡)      | $0.55 \leq (P) < 0.75$ | 성능이 기준에 미치지 못하여 시설물의 지속적인 사용이 어려운 수준으로 긴급한 보수·보강 또는 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준                               |
| E<br>(불량)      | $0.75 \leq (P) < 1.00$ | 심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준                      |

## 3.2 보강토옹벽 성능평가

### 3.2.1 일반 사항

성능평가 대상 옹벽은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」제40조 및 동법 시행령 제28조의 규정에서 정하고 있는 제2종 시설물 중 도로 및 철도의 부대시설로서 재료형식에 따라 콘크리트 옹벽, 보강토 옹벽, 석축(돌쌓기 옹벽), 돌망태 옹벽으로 구분된다.

옹벽의 성능평가 적용범위인 2종 시설물은 지면으로부터 노출된 높이가 5m이상인 부분의 합이 100m이상인 옹벽 시설물에 적용한다.

### 3.2.2 성능평가 방법

절토비탈면의 성능평가는 안전성능평가와 내구성능평가를 평가하고 이를 종합적으로 분석하여 최종 종합평가를 시행한다. 안전성능평가는 각 지표별 결함지수에 따라 등급을 산정하는 상태안전성능과 안정해석 결과를 통해 얻어진 안전율로 등급을 산정하는 구조안전성능평가로 세분화된다. 각 단계별 성능평가 방법은 다음과 같다.

- 1) 상태안전성능 : 형식별 상태안전성능 평가결과에 따라 결함지수를 구하여 등급 산정
- 2) 구조안전성능 : 안정해석결과 안전율에 따라 등급 산정
- 3) 안전성능평가 : 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최저등급으로 산정
- 4) 내구성능평가 : 부재별 평가 및 가중치를 적용한 등급산정을 하고, 각 등급산정 결과에 중요도를 고려한 가중치를 적용하여 내구성능 등급 산정
- 5) 종합평가 : 안전성능 평가 결과가 최하위 등급일 경우 가중치와 상관없이 안전성능 평가 결과를 최종등급으로 산정하며, 그렇지 않을 경우 각 성능항목의 가중치를 곱한 값으로 최종등급을 산정

### 3.2.3 안전성능평가

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

#### 가. 상태안전성능평가 기준 및 방법

- 1) 상태안전성능평가 성능지표 및 기준

보강토옹벽의 상태안전성능평가 시 형식별 고려해야할 주요 성능지표는 다음과 같다.

【표 3.39】 침하 평가기준

| 평가기준<br>구분 | a     | b               | c                | d                | e      |
|------------|-------|-----------------|------------------|------------------|--------|
| 비진행성       | 5cm미만 | 5cm이상<br>10cm미만 | 10cm이상<br>20cm미만 | 20cm이상<br>30cm미만 | 30cm이상 |
| 진행성        | 3cm미만 | 3cm이상<br>8cm미만  | 8cm이상<br>16cm미만  | 16cm이상<br>25cm미만 | 25cm이상 |

【표 3.40】 계획선형오차(전도/경사)

| 평가기준<br>구분 | a    | b            | c            | d            | e    |
|------------|------|--------------|--------------|--------------|------|
| 비진행성       | 2%미만 | 2%이상<br>3%미만 | 3%이상<br>4%미만 | 4%이상<br>6%미만 | 6%이상 |
| 진행성        | 1%미만 | 1%이상<br>2%미만 | 2%이상<br>3%미만 | 3%이상<br>4%미만 | 4%이상 |

&lt;해설&gt;

- 계획선형오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가함. 단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가함
- 보강토옹벽은 시공 중의 변위발생이 5% 미만이고 진행성이 아닌 경우에는 구조물 사용성에 지장이 없는 시공오차로 간주하며, 준공 후 추가적인 변위에 대해서만 적용함

【표 3.41】 활동 평가기준

| 평가기준<br>구분 | a     | b              | c               | d                | e      |
|------------|-------|----------------|-----------------|------------------|--------|
| 비진행성       | 5cm미만 | 5cm이상<br>8cm미만 | 8cm이상<br>12cm미만 | 12cm이상<br>16cm미만 | 16cm이상 |
| 진행성        | 2cm미만 | 2cm이상<br>5cm미만 | 5cm이상<br>8cm미만  | 8cm이상<br>12cm미만  | 12cm이상 |

【표 3.42】 전면부 진행성 배부름 평가기준

| 평가기준<br>구분 | a                 | b                         | c                     | d                                                | e                                                                   |
|------------|-------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 조사된 상태     | 건전한<br>비진행성<br>상태 | 경미하게<br>발생한<br>비진행성<br>상태 | 경미하게<br>발생한<br>진행성 상태 | 심하게 발생하<br>여 구조적인<br>안정에 영향을<br>줄 정도의 진<br>행성 상태 | 매우 심하게 발생<br>하여 경사가 발생<br>하고 구조적인 안<br>정에 크게 영향을<br>줄 정도의<br>진행성 상태 |

【표 3.43】 파손 및 손상, 균열 평가기준

| 평가기준<br>구분 | a  | b                                  | c                                       | d                                                                         | e                                                           |
|------------|----|------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 조사된 상태     | 없음 | 파손이 경미하고 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 양호한 상태 | 파손이 경미하지만, 다른 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태 | 시설의 주요부에 부분적인 파손이 발생하여 제체의 안전성이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 심각한 상태 | 시설의 주요부에 큰 파손이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태 |

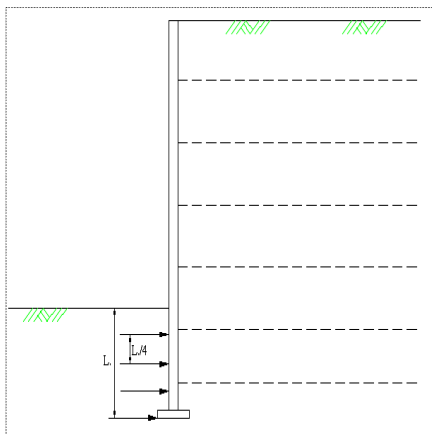
【표 3.44】 유실 평가기준

| 평가기준<br>구분 | a      | b                     | c                     | d                     | e                    |
|------------|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| 조사된 상태     | 건전한 상태 | 평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태 | 평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태 | 평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태 | 평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태 |

【표 3.45】 이격 평가기준

| 평가기준<br>구분 | a      | b                     | c                     | d                     | e                    |
|------------|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| 조사된 상태     | 건전한 상태 | 평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태 | 평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태 | 평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태 | 평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태 |

【표 3.46】 세굴 평가기준

| 평가기준<br>구분                                                                           | a                 | b                             | c | d | e                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|---|---|-------------------|
| 조사된 상태                                                                               | 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 | (근입깊이/4)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태 |   |   | 세굴이 기초저면까지 발생한 상태 |
|  |                   |                               |   |   |                   |

## 3) 상태안전성능평가 결과 산정

옹벽의 상태안전성능 평가를 위한 결함등급 및 결함점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다.

【표 3.47】 보강토옹벽 평가기준

| 결 함 점 수           |          | a                                     |                                 | b               |  | c               |   | d                               |  | e        |  |
|-------------------|----------|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------|--|-----------------|---|---------------------------------|--|----------|--|
|                   |          | 0 ≤ f < 0.15                          |                                 | 0.15 ≤ f < 0.30 |  | 0.30 ≤ f < 0.55 |   | 0.55 ≤ f < 0.75                 |  | 0.75 ≤ f |  |
| 침 하               |          | 0                                     |                                 | 0               |  | 1               |   | 2                               |  | 3        |  |
| 계획선형오차<br>(전도/경사) |          | 0                                     |                                 | 0               |  | 1               |   | 2                               |  | 3        |  |
| 활 동               |          | 0                                     |                                 | 2               |  | 4               |   | 6                               |  | 8        |  |
| 전면부 진행성<br>배부름    |          | 0                                     |                                 | 2               |  | 5               |   | 8                               |  | 10       |  |
| 파손, 손상, 균열        |          | 0                                     |                                 | 1               |  | 2               |   | 4                               |  | 6        |  |
| 유 실               |          | 0                                     |                                 | 1               |  | 2               |   | 4                               |  | 6        |  |
| 이 격               |          | 0                                     |                                 | 1               |  | 2               |   | 3                               |  | 4        |  |
| 세 굴               |          | 0                                     |                                 | 2               |  | 4               |   | 6                               |  | 8        |  |
| 주변<br>영향인자        | 배수<br>시설 | 배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1 |                                 |                 |  |                 |   |                                 |  |          |  |
|                   | 사면<br>조사 | 사면구배                                  |                                 | 적절              |  | 0               |   | 부적절                             |  | 1        |  |
|                   |          | 낙석흔적                                  |                                 | 미발생             |  | 0               |   | 발생                              |  | 1        |  |
|                   |          | 침출수                                   |                                 | 무               |  | 0               |   | 유                               |  | 1        |  |
| 옹벽 결함지수<br>(F)    |          | ①                                     | $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{52}$ |                 |  |                 | ② | $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{44}$ |  |          |  |

※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식 사용.

※ 전면판에 발생한 균열은 파손으로 처리함.

※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.

## 나. 구조안전성능평가 기준 및 방법

### 1) 구조안전성능평가 기준

구조안전성능평가 시 각 재료형식별 토압산정 및 적용안전율은 건설기준코드(구 구조물 기초 설계기준)을 근거로 실시하도록 하며, 여기에 제시되지 않은 사항에 대해서는 보편화된 방법 또는 개정된 내용을 이용토록 한다.

기존 안전성 검토 자료를 활용할 경우, 옹벽 시설물의 해석조건의 변화(토압, 상재 하중, 경계조건 등)가 없을 경우 책임기술자의 판단에 따라 기존 자료를 활용할 수 있다.

토압산정 시 지하수위의 고려여부는 설계도서를 검토하여 시설물이 배면지반 포화 시에도 충분한 저항력을 고려해 설계했는지를 검토한 후 결정한다. 또한 소단을 통해 연속적으로 구성되어있는 옹벽시설물에 대해서는 상하부 옹벽의 높이 및 이격거리를 고려하여 개별 또는 전체에 대한 안전성능평가를 실시하며, 개별에 대한 안전성능평가 시 상부옹벽은 하부 옹벽의 상재하중으로 적용하여 실시하도록 한다.

보고서에는 평가에 사용된 해석방법의 종류 및 해석결과에 대한 설명과 계산기록을 포함하여야 한다. 책임기술자는 시설물의 종류 및 구조적 특성에 따라 안전성능평가를 위하여 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등에 대해 관리주체와 협의해야 하며, 설계자료 검토, 시공 방법과 사용재료의 검토, 기존 점검이력 분석 및 각종 계측·측정·조사·시험 자료를 충분히 활용하여야 한다.

본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우 본 장에 기술된 것과 같이 안전성능평가 기준을 제시하고, 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있으며, 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

### 2) 구조안전성능평가 방법

옹벽의 구조안전성능 평가는 크게 내적·외적안전성으로 구분하며, 국내에서는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 하고 있으며, 안전율 검토는 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 구조물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다.

외적안전성평가는 지지력, 침하를 제외하고 안전율을 도입하여 산정이 가능하며, 지지력과 침하는 옹벽의 규모와 보호시설물의 조건이 각각 상이하므로 검토하고자 하는 구조물의 기준에 맞추어 산정한다. 각 항목별 안전율, 계산방법 및 기준은 건설기준코드(구 구조물기초 설계기준), 옹벽 관련 건설기준코드 및 구조형식이 유사한 항만의 중력식 안벽 평가기준 등을 참고하여 작성한다.

【표 3.48】 내적 안전성평가 항목 및 평가기준

| 평가기준<br>검토항목     | a     | b     | c                   | d                    | e      | 비 고                                       |
|------------------|-------|-------|---------------------|----------------------|--------|-------------------------------------------|
| 인발파괴에<br>대한 안정   | 1.0이상 | 1.0이상 | 1.0미만<br>~<br>0.9이상 | 0.9미만<br>~<br>0.75이상 | 0.75미만 | $\frac{\text{보강재 적용길이}}{\text{보강재 소요길이}}$ |
| 보강재 파단에<br>대한 안정 |       |       |                     |                      |        | $\frac{\text{설계인장강도}}{\text{작용인장응력}}$     |

【표 3.49】 내적 안전성평가 항목 및 평가기준

| 평가기준<br>검토항목 |     | a     | b           | c           | d            | e      |
|--------------|-----|-------|-------------|-------------|--------------|--------|
| 저면<br>활동     | 평상시 | 1.5이상 | 1.5이상       | 1.5미만~1.0이상 | 1.0미만~0.75이상 | 0.75미만 |
|              | 지진시 | 1.1이상 | 1.1이상       | 1.1미만~1.0이상 | 1.0미만~0.75이상 | 0.75미만 |
| 원호<br>활동     | 평상시 | 1.3이상 | 1.3이상       | 1.3미만~1.0이상 | 1.0미만~0.75이상 | 0.75미만 |
|              | 지진시 | 1.1이상 | 1.1이상       | 1.1미만~1.0이상 | 1.0미만~0.75이상 | 0.75미만 |
| 전 도          |     | 1.5이상 | 1.5이상       | 1.5미만~1.0이상 | 1.0미만~0.75이상 | 0.75미만 |
| 지지력          | 평상시 | 2.5이상 | 2.5이상       | 2.5미만~2.0이상 | 2.0미만~1.5이상  | 1.5미만  |
|              | 지진시 | 2.0이상 | 2.0이상       | 2.0미만~1.8이상 | 1.8미만~1.5이상  | 1.5미만  |
| 침하           |     | 1.2이상 | 1.2미만~1.1이상 | 1.1미만~1.0이상 | 1.0미만~0.75이상 | 0.75미만 |

## 3) 구조안전성능평가 결과 산정

구조안전성능 평가는 대표단면을 설정하여 실시하는 것을 원칙으로 하며, 각 평가항목에 대한 안전율을 계산한 후 그 결과를 비교하여 안전율 중 최저값을 구조안전성능평가 결과로 결정한다. 구조안전성능 평가는 결과가 등급으로 산정되므로 상태안전성능평가 결과와 비교하기 위해서는 별도로 결함지수를 부여해야 하며, 결함지수는 다음의 표를 참고하여 부여한다. 결함지수는 구조물의 안전측면을 고려하여 보수적으로 부여하며, 평가등급별 결함도 범위 중 높은 값에서 0.01을 감하여 산정한다.

【표 3.50】 구조안전성능 평가 등급에 따른 결함지수

| 등급 | 평가기준                             | 결함지수 |
|----|----------------------------------|------|
| a  | 허용안전율 이상인 경우                     | 0.14 |
| b  | 허용안전율 이상이거나 같은 경우로서<br>손상이 있는 경우 | 0.29 |
| c  | 허용안전율보다 작은 경우                    | 0.54 |
| d  |                                  | 0.74 |
| e  |                                  | 0.99 |

### 3.2.4 내구성능평가

시설물의 내구성능 평가는 크게 강재 내구성능 평가 및 콘크리트 내구성능 평가 분야로 구성된다. 옹벽(콘크리트 옹벽/보강토 옹벽) 시설의 경우 전면부를 중심으로 콘크리트와 관련된 내구성능을 평가하며, 석축의 경우 견치돌의 내구성능을 평가한다. 각 평가분야에서 부재별 평가 및 가중치를 적용한 등급산정을 하고, 각 등급산정 결과에 중요도를 고려한 가중치를 적용하여 옹벽 시설물 내구성능에 대한 최종등급을 결정한다.

#### 가. 콘크리트 내구성능 평가 방법

본 보강토옹벽의 내구성능평가는 열화환경에 대한 평가를 수행하며, 열화진전평가는 평가부재가 없어 제외토록 하였다.

##### 1) 개 요

내구성능 평가 결과 산정방법은 내구성능 평가지표별 결과 중 가장 낮은 등급인 최저등급을 반영한다. 옹벽의 경우 단일부재로 간주하기 때문에 다른 시설물과 달리 부재별 평가를 별도로 실시하지 않는다. 열화진전평가는 각 세부부재별로 정해진 시험수량과 개소에서 실시하며, 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 실시한다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 대상 시설물의 내구성능 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 종합등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

##### ① 열화환경 평가(전체 시설물 대상)

내구성능 평가에 있어 열화환경 평가는 제설제 염해환경, 비래염분 염해환경, 동해환경의 3개 열화환경평가 지표로 이루어진다. 열화환경평가는 3가지 환경지표를 독립적으로 평가하여 도출하며, 평가 결과는 열화진전평가와는 별도로 관리하여 대상 구조물의 유지관리 활동에 활용한다. 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 판정하며, 각 등급별 열화환경의 상태는 아래와 같다.

【표 3.51】 사면 형식별 내구성능 평가지표

| 평가등급 | 열화 환경 상태                            |
|------|-------------------------------------|
| a    | 양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태 |
| b    | 대상 열화환경에 의하여 내구성능 저하가 생길 수 있는 상태    |
| c    | 대상 열화환경에 의하여 내구성능 저하가 가속될 수 있는 상태   |
| d    | -                                   |
| e    | -                                   |

## ② 열화진전 평가(부재수준의 평가)

내구성능 평가에 있어 열화진전 평가는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복(표면부) 콘크리트의 품질 3개 열화진전평가 지표로 이루어진다. 각 내구성능 평가함에 있어 가중치를 적용하지 않고, 각각의 평가항목에 대하여 가장 낮은 등급을 받은 지표의 평가결과를 준용하는 최저등급제를 적용한다.

- 탄산화 깊이, 염화물 침투량 및 피복(표면부) 콘크리트 품질 중 가장 낮은 평가등급이 대상 부재의 내구성능 등급이 된다.
- 최저등급제를 적용하는 것은 염해 혹은 탄산화 등 어느 한 가지 지표에 의해서만 피해가 발생하여도 심각한 결과가 발생할 수 있으며 대책을 강구하여야 하기 때문이다.
- 다만, 피복 콘크리트 품질은 측정된 개소별 각각의 평가점수를 산술평균한다.

옹벽은 단일 부재로 구성된 것으로 내구성능 항목들의 평가 결과는 옹벽의 내구성능 평가 등급이 된다.

## ③ 등급별 평가점수 및 지수범위

부재별 등급에 따른 평가점수 및 최종 등급 산정을 위한 평가지수 범위는 다음과 같다.

【표 3.52】 평가등급에 따른 결함도 지수

| a등급  | b등급  | c등급  | d등급  | e등급  |
|------|------|------|------|------|
| 0.08 | 0.23 | 0.43 | 0.65 | 0.88 |

【표 3.53】 등급산정을 위한 결함도 지수 범위

| a등급               | b등급                  | c등급                  | d등급                  | e등급           |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| $0 \leq X < 0.15$ | $0.15 \leq X < 0.30$ | $0.30 \leq X < 0.55$ | $0.55 \leq X < 0.75$ | $0.75 \leq X$ |

## 나. 시설물 전체 등급 산정

옹벽의 경우, 단일 구조물로 부재별 가중치가 없기 때문에 단계 2)의 부재평가 결과가 옹벽 시설물의 열화진전평가 결과로 적용된다. 옹벽의 콘크리트 내구성능 평가 등급은 최종적으로 아래와 같이 나타낸다.

【표 3.54】 옹벽의 열화진전 평가

| 시설명 | 평가등급 | 지표명             | 평가등급 |
|-----|------|-----------------|------|
| 옹벽  | a~e  | 염화물침투량          | a~e  |
|     |      | 탄산화 깊이          | a~e  |
|     |      | 피복(표면부) 콘크리트 품질 | a~e  |

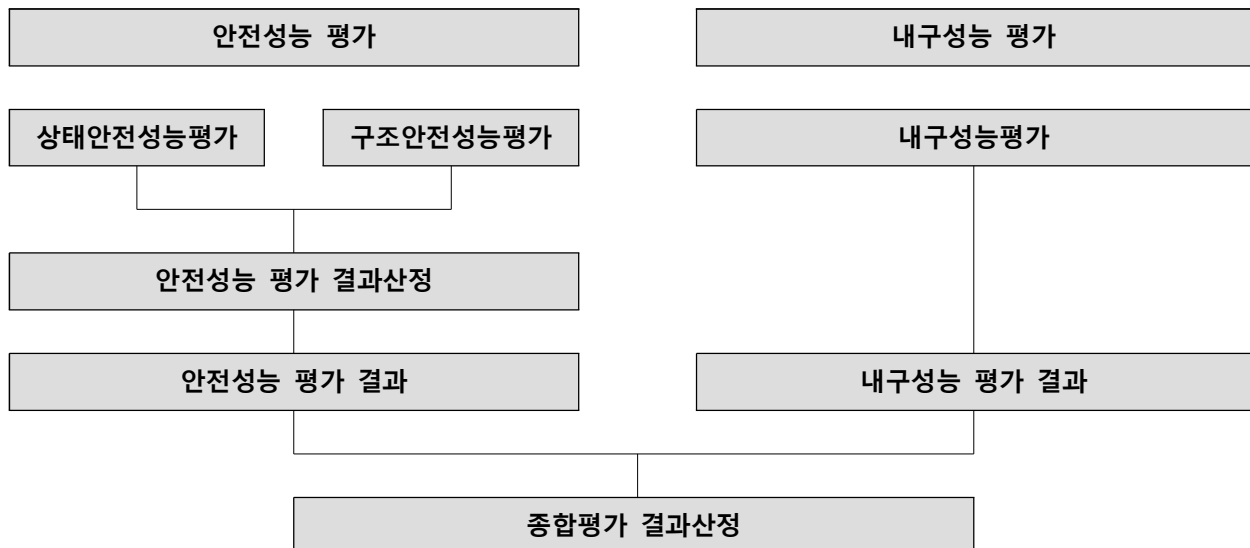
【표 3.55】 옹벽의 열화환경 평가

| 열화환경지표    | 평가등급        | 주요 대상 부재                                                           |
|-----------|-------------|--------------------------------------------------------------------|
| 제설제 염해환경  | A or B or C | 옹벽의 경우 구조물의 높이에 따라 제설제 염해환경에 대한 노출정도가 다를 수 있으며, 하단부가 상대적으로 열악한 환경임 |
| 비래염분 염해환경 | A or B or C | 비래염분이 발생하는 해안쪽의 부재가 상대적으로 열악한 환경에 놓이게 됨                            |
| 동해환경      | A or B or C | 전체 시설물에서 국부적으로 수분의 공급이 있는 부재부분에 해당                                 |

### 3.2.5 종합평가

#### 가. 종합평가 일반

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목 별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.



【그림 3.4】 종합평가 흐름도

- 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때
  - 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정함.
- 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우
  - 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정함.

## 나. 종합평가 결과 산정방법

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능평가 결과가 최하위 등급일 경우에는 가중치와 상관없이 안전성능평가 결과를 최종등급으로 산정한다.

$$\text{사면의 종합평가 지수(P)} = \sum(\text{성능평가지수(pn)} \times \text{성능간 가중치(Wn)})$$

【표 3.56】 성능간 가중치 산정 값

| 구분 |            | 성능항목 가중치 |      |
|----|------------|----------|------|
|    |            | 안전성능     | 내구성능 |
| 옹벽 | 콘크리트       | 0.8      | 0.2  |
|    | 특수공법(철근포함) | 0.7      | 0.3  |

## 다. 종합성능등급 지정

성능평가를 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대해 종합적으로 평가한 결과로부터 종합성능등급을 지정하여야 한다.

【표 3.57】 보강토옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

| 종합<br>성능<br>등급 | 평가지수                   | 시설물의 상태                                                                                                           |
|----------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A<br>(우수)      | $0.00 \leq (P) < 0.15$ | 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준                                        |
| B<br>(양호)      | $0.15 \leq (P) < 0.30$ | 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준                         |
| C<br>(보통)      | $0.30 \leq (P) < 0.55$ | 광범위한 부재에서 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 일부 문제점이 있으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준 |
| D<br>(미흡)      | $0.55 \leq (P) < 0.75$ | 성능이 기준에 미치지 못하여 시설물의 지속적인 사용이 어려운 수준으로 긴급한 보수·보강 또는 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준                               |
| E<br>(불량)      | $0.75 \leq (P) < 1.00$ | 심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준                      |