

## 제2장 현장조사 및 시험

---

2.1 시설물의 성능항목별 조사항목

2.2 현장조사(절토사면)

2.3 현장조사(보강토옹벽)



## 제2장 현장조사 및 시험

### 2.1 시설물의 성능항목별 조사항목

시설물 성능평가를 위한 사면 종류에 따른 성능항목별 조사항목은 다음과 같다.

【표 2.1】 토사비탈면 조사항목

| 구 분      |            | 평가지표    | 조사항목                          |
|----------|------------|---------|-------------------------------|
| 안전<br>성능 | 상태<br>안전성능 | 집수지형    | 사면 내·외 집수지형 개수                |
|          |            | 지반변형    | 포행, 단차, 배부름 등                 |
|          |            | 지하수     | 누수 발생 위치 및 유출량                |
|          |            | 배수조건    | 산마루배수구, 소단배수구, 종배수구, 비탈끝배수구 등 |
|          |            | 사면상부 상태 | 상부자연사면의 경사                    |
|          |            | 붕괴이력    | 세굴 및 표층균열, 표층파괴, 심층파괴 등       |
|          |            | 인장균열    | 인장균열 유무(진행성)                  |
|          | 구조<br>안전성능 | 한계평형해석  | 건기시 안전율, 우기시 안전율, 지진시 안전율     |
| 내구성능     |            | 지반상태    | 동적콘관입시험(DCPT) Nd치             |
|          |            |         | 토양경도(정밀점검시 대체 시험법)            |
|          |            | 표면보호공   | 식생 피복율, 손상 면적율                |
|          |            | 사면보강공   | 보강공 두부와 지반의 밀착도               |
|          |            |         | 보강공 두부의 균열 및 파손               |

【표 2.2】 암반비탈면 조사항목

| 구 분      |            | 평가지표   | 조사항목                           |
|----------|------------|--------|--------------------------------|
| 안전<br>성능 | 상태<br>안전성능 | 집수지형   | 사면 내·외 집수지형 개수                 |
|          |            | 불안정지질  | 단층 및 전단대, 습곡, 암맥 등의 분포 규모 및 상태 |
|          |            | 불연속면특성 | 연장성, 틈새, 거칠기, 충전물, 풍화도, 간격     |
|          |            | 지반변형   | 포행, 단차, 배부름 등                  |
|          |            | 지하수    | 누수 발생 위치 및 유출량                 |
|          |            | 배수조건   | 산마루배수구, 소단배수구, 종배수구, 비탈끝배수구 등  |
|          |            | 붕괴이력   | 세굴 및 표층균열, 표층파괴, 심층파괴 등        |
|          |            | 낙석     | 발생규모, 예상 낙석에너지                 |
|          |            | 인장균열   | 인장균열 유무(진행성)                   |
|          | 구조<br>안전성능 | 평사투영해석 | 쇄기파괴, 평면파괴, 전도파괴               |
|          |            | 한계평형해석 | 건기시 안전율, 우기시 안전율, 지진시 안전율      |

| 구 분  | 평가지표         | 조사항목                        |
|------|--------------|-----------------------------|
| 내구성능 | 지반상태         | 동적콘관입시험(DCPT) Nd치           |
|      |              | 토양경도(정밀점검시 대체 시험법)          |
|      |              | 설계(초기)값 대비 슈미트해머 강도 추정값의 비율 |
|      | 표면보호공        | 식생 피복율, 손상 면적율              |
|      | 사면보강공        | 보강공 두부와 지반의 밀착도             |
|      |              | 보강공 두부의 균열 및 파손             |
|      | 절리상태 및 풍화진행도 | 절리상태 및 풍화 진행도               |

【표 2.3】 혼합비탈면 조사항목

| 구 분      |            | 평가지표         | 조사항목                           |
|----------|------------|--------------|--------------------------------|
| 안전<br>성능 | 상태<br>안전성능 | 집수지형         | 사면 내·외 집수지형 개수                 |
|          |            | 불안정지질        | 단층 및 전단대, 습곡, 암맥 등의 분포 규모 및 상태 |
|          |            | 불연속면특성       | 연장성, 틈새, 거칠기, 충전물, 풍화도, 간격     |
|          |            | 지반변형         | 포행, 단차, 배부름 등                  |
|          |            | 지하수          | 누수 발생 위치 및 유출량                 |
|          |            | 배수조건         | 산마루배수구, 소단배수구, 종배수구, 비탈끝배수구 등  |
|          |            | 붕괴이력         | 세굴 및 표층균열, 표층파괴, 심층파괴 등        |
|          |            | 낙석           | 발생규모, 예상 낙석에너지                 |
|          |            | 사면상부 상태      | 상부 자연사면 경사                     |
|          |            | 인장균열         | 인장균열 유무(진행성)                   |
|          | 구조<br>안전성능 | 평사투영해석       | 빼기파괴, 평면파괴, 전도파괴               |
|          |            | 한계평형해석       | 건기시 안전율, 우기시 안전율, 지진시 안전율      |
| 내구성능     |            | 지반상태         | 동적콘관입시험(DCPT) Nd치              |
|          |            |              | 토양경도(정밀점검시 대체 시험법)             |
|          |            |              | 설계(초기)값 대비 슈미트해머 강도 추정값의 비율    |
|          |            | 표면보호공        | 식생 피복율, 손상 면적율                 |
|          |            | 사면보강공        | 보강공 두부와 지반의 밀착도                |
|          |            |              | 보강공 두부의 균열 및 파손                |
|          |            | 절리상태 및 풍화진행도 | 절리상태 및 풍화 진행도                  |

【표 2.4】 보강토옹벽 조사항목

| 평가항목     |                              |               |          |                      | 비 고 |
|----------|------------------------------|---------------|----------|----------------------|-----|
| 안전<br>성능 | 상태<br>안전<br>성능 <sup>1)</sup> | 침하            |          |                      |     |
|          |                              | 계획선형오차(전도/경사) |          |                      |     |
|          |                              | 활동            |          |                      |     |
|          |                              | 전면부 진행성 배부름   |          |                      |     |
|          |                              | 파손, 손상 및 균열   |          |                      |     |
|          |                              | 유실            |          |                      |     |
|          |                              | 이격            |          |                      |     |
|          |                              | 세굴            |          |                      |     |
|          |                              | 주변영향인자        | 배수시설     |                      |     |
|          | 사면조사                         |               | 사면구배     |                      |     |
|          |                              |               | 낙석흔적     |                      |     |
|          |                              |               | 침출수      |                      |     |
|          | 구조<br>안전<br>성능               | 저면활동          |          | 평상시                  |     |
|          |                              |               |          | 지진시                  |     |
|          |                              | 원호활동          |          | 평상시                  |     |
|          |                              |               |          | 지진시                  |     |
|          |                              | 전도            |          |                      |     |
|          |                              | 지지력           |          | 평상시                  |     |
|          |                              |               |          | 지진시                  |     |
|          |                              | 침하            |          |                      |     |
|          |                              | 인발파괴          |          |                      |     |
| 보강재 파단   |                              |               |          |                      |     |
| 내구<br>성능 |                              | 전면판           |          | 염화물침투량 <sup>2)</sup> |     |
|          |                              |               |          | 탄산화깊이 <sup>2)</sup>  |     |
|          | 피복(표면부)콘크리트 품질               |               |          |                      |     |
|          | 염해환경 <sup>2)</sup>           |               |          |                      |     |
|          | 동해환경                         |               |          |                      |     |
|          | 보강재 <sup>3)</sup><br>(강재)    |               | 발청       |                      |     |
|          |                              |               | 변색       |                      |     |
|          |                              |               | 도막(도금)두께 |                      |     |

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록함.

주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 평가는 필요시 선택과업으로 수행

## 2.2 현장조사(절토사면)

### 2.2.1 사전조사

대상시설물에 대한 자료수집과 현장예비조사를 통해 과업대상 시설물의 중점조사내용, 현장조사 및 시험의 방향설정과 조사방법 및 공기계획 등을 수립하도록 계획하였다. 또한, 상기 조사내용을 토대로 현장조사 요원에게 사전교육을 실시하여 중점조사내용 및 현장시험 등을 숙지시켜 정확한 조사가 시행되도록 한다.

【표 2.5】 절토사면 사전조사 내용

| 구 분             | 내 용                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 기초자료 조사<br>및 검토 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과업지시서 검토</li> <li>○ 지질 및 지반조사 보고서, 지질도 및 단면도</li> <li>○ 항공사진, 위성사진, 수치지형도 및 분석</li> <li>○ 강우자료 분석</li> <li>○ 시공관련 자료 분석 : 재해기록 및 공사기록 등</li> <li>○ 안전점검 및 정밀안전진단 자료, 기술자문 자료</li> <li>○ 보수·보강공사 자료 등 기타 필요하다고 판단되는 자료</li> </ul> |
| 설계도면 검토         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사면 표준횡단도 검토</li> <li>○ 사면 개설방법 : 발파, 리핑 등</li> <li>○ 사면 부대 구조물 설치 설계도면, 배수시스템 분석</li> <li>○ 설계도면과 일치성 분석</li> <li>○ 사면 해석 결과 분석 : 안전율, 지반변위량 등</li> <li>○ 보조공법 유무 및 적정성</li> </ul>                                               |
| 시설관리자<br>방문조사   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시설관리자 의견청취</li> <li>○ 중요구간 비탈면 현황 관리 조사</li> </ul>                                                                                                                                                                               |
| 현장답사            | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대상 시설물의 현황 파악, 이용 현황, 입지환경조성 및 외형 조사</li> <li>○ 현장조사에 필요한 장비, 차량, 투입인력 등 사전계획 수립</li> <li>○ 현장여건 및 문제점 파악</li> </ul>                                                                                                             |

### 2.2.2 조사영역 및 사면 분할

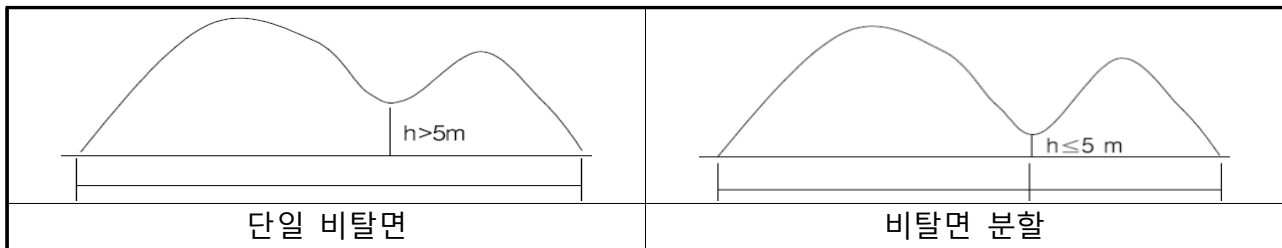
#### 가. 측정분할

측점 분할 작업은 현장조사에서 최초로 실시하는 작업으로서 사면에 인접한 도로 및 철도의 진행 방향으로 위치 및 길이를 표시하는 작업을 말한다. 측정 분할 간격은 현장 조사 시 좌우로 확인 가능한 10m 간격으로 시점부에서 종점부까지 표시하며 면밀한 조사가 필요한 구간에 대해서는 별도로 세분화하여 표시한다.

### 나. 사면 분할

사면 분할은 현장조사에서 규모와 영역을 결정하는 작업을 의미한다. 현장에서 접하게 되는 절토사면은 대개 지형적인 특성에 의해 여러 사면이 연속하여 연결되어 있어 이를 구분하기 위한 명확한 기준이 필요하다.

1) 사면을 바라보며 우측을 시점, 좌측을 종점으로 하여 절토사면의 수직고가 5m이하로 낮아지는 지점에서 분할한다.



【그림 2.1】 절토비탈면 분할 기준

2) 안전성능 및 내구성능 평가를 위한 구간분할의 경우, 동일 사면 내에서 다음의 경우에 구간분할을 실시한다.

- 사면의 구성재료(토사, 암반, 혼합)가 변화할 경우
- 사면의 경사방향이 40° 이상 변화할 경우
- 기준규모의 연장이 200m 이상일 경우

### 2.2.3 상태안전성능 평가를 위한 조사방법

#### 가. 집수지형

절토사면의 시·종점부와 상부 계곡부, 요철지형 등 지표수가 직·간접적으로 절토사면에 유입되는 지형을 분할한 구간별로 사면 내·외로 구분하여 평가한다.

#### 나. 불안정 지질

절토사면에 분포하는 단층 및 전단대, 파쇄대, 습곡, 암맥 등 주변의 암반과 구성이 다르거나 특정 부분을 중심으로 균열이 집중적으로 발달하고 있어 사면에 불안정 요인으로 작용하는 지질의 분포 규모 및 상태를 평가한다.

분할된 평가대상 구간에 대해 각각 실시하여 일부 분포, 국지적 분포, 사면 전 영역에 걸친 분포로 나누어 분포도를 평가하며, 불안정 지질의 퇴적암 분포 유무, 파쇄정도, 누수 및 유실물 발생 유무 등의 상태를 육안 관찰하여 평가한다. 표면보호공(사면녹화 또는 콘크리트빔어붙이기 등)이 적용된 경우 주변 지형 및 지반특성을 참고하여 평가를 실시한다.

## 다. 불연속면 특성

암반으로 구성된 절토사면의 경우 불연속면의 존재는 사면의 안전성능에 절대적인 영향을 미치며, 대부분의 경우 불연속면을 따라 붕괴가 발생한다. 불연속면의 특성은 방향성을 제외한 세부 상태(연장성, 틈새, 거칠기, 충전물, 풍화도, 절리간격)를 평가하여 6개 항목의 산술평균값으로 평가한다.

【표 2.6】연장성 분류 기준

| 등 급                               | 연장성(m)           |
|-----------------------------------|------------------|
| 매우 낮은 연속성 (very low persistence)  | $X < 1$          |
| 낮은 연속성 (low persistence)          | $1 < X \leq 3$   |
| 보통 연속성 (medium persistence)       | $3 < X \leq 10$  |
| 높은 연속성 (high persistence)         | $10 < X \leq 20$ |
| 매우 높은 연속성 (very high persistence) | $X > 30$         |

【표 2.7】틈새 분류 기준

| 등 급                     | 연장성(m)                   |
|-------------------------|--------------------------|
| 밀착됨 (tight)             | 간극을 찢 수 없을 정도로 아주 좁고 밀착됨 |
| 약간 벌어짐 (partly open)    | 간극이 0.1mm 미만             |
| 벌어짐 (open)              | $0.1 \leq X < 1$         |
| 약간 넓음 (moderately wide) | $1 \leq X < 5$           |
| 넓음 (wide)               | $5 \leq X$               |

【표 2.8】불연속면 거칠기 등급

| 등 급                   | 설 명                                                                 |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 매우 거침(very rough)     | 불연속면의 표면에 거의 수직적인 계단 형태의 요철이 존재한다. 불연속면 표면을 만질 때 매우 거친 느낌이 든다.      |
| 거침(rough)             | 경사진 계단 형태의 요철이 확실하게 나타난다. 표면요철이 확실하게 식별되며, 불연속면 표면을 만질 때 거친 느낌이 든다. |
| 약간 거침(slightly rough) | 불연속면의 표면요철이 식별가능하며, 손으로 느낄 수 있다.                                    |
| 평탄(smooth)            | 육안으로는 표면 요철의 식별이 어려우나, 손으로 느낄 수 있다.                                 |
| 매우 평탄(slickensided)   | 불연속면의 미끄러진 표면에 광택이 나는 부분이 관찰된다.                                     |

【표 2.9】충전물

| 충전물 재료 | 충전물 두께 |
|--------|--------|
| 없 음    | -      |
| 딱딱함    | 5mm 미만 |
|        | 5mm 이상 |
| 부드러움   | 5mm 미만 |
|        | 5mm 이상 |



【표 2.10】 국제암반역학회(ISRM) 풍화등급의 분류

| 풍화등급         | 설 명                                                                                                                                        | 공학적 특성                                                                                           |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 신선함<br>(F)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>암석의 풍화 흔적을 볼 수 없다.</li> <li>주 불연속면 표면에 경미한 변색이 있을 수 있다.</li> </ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>발파로 굴착가능</li> <li>모든 구조물 기초로 적합</li> </ul>                |
| 약한풍화<br>(SW) | <ul style="list-style-type: none"> <li>불연속면의 표면과 암석의 변색 상태가 풍화 지표가 된다.</li> <li>불연속면이 얼룩져 있거나 변색되어 있고, 외부적으로는 신선한 상태보다 약한 상태이다.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>발파로 굴착가능</li> <li>대규모의 댐을 제외한 모든 구조물 기초로 적합</li> </ul>    |
| 보통풍화<br>(MW) | <ul style="list-style-type: none"> <li>조암광물의 절반 이상이 변질되거나, 토양으로 분해된 상태이다.</li> <li>신선암 및 변색된 암은 핵석이나 불연속면의 골격을 이룬다.</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ripper로 굴착가능</li> <li>대부분의 소규모 구조물 기초로 가능</li> </ul>      |
| 심한풍화<br>(HW) | <ul style="list-style-type: none"> <li>암석 구성 재료의 절반 이상이 부스러졌거나 흙으로 변했다.</li> <li>신선하거나 변색된 암석이 기반암이나, 핵석상태로 존재한다.</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Scraping으로 굴착가능</li> <li>구조물 기초 신뢰도 낮음</li> </ul>         |
| 완전풍화<br>(CW) | <ul style="list-style-type: none"> <li>모든 암석 재료가 부스러졌거나 흙으로 변했다.</li> <li>그러나 절리흔적과 같은 원래의 암반 조직은 보존되어 있다.</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Scraping으로 굴착가능</li> <li>토질 시험 결과에 따라 기초 사용 결정</li> </ul> |

【표 2.11】 해머타격 시험을 통한 암반의 풍화등급 5단계 분류법

| 풍화등급         | 설 명                                                                                                                          |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 신선함<br>(F)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>해머타격 시 높은 쇠소리가 들림</li> <li>균열 없음</li> <li>석재로 사용될 수 있을 정도로 신선</li> </ul>              |
| 약한풍화<br>(SW) | <ul style="list-style-type: none"> <li>해머타격 시 쇠소리가 들림</li> <li>미세균열이나 절리 관찰 가능</li> <li>약간의 착색 흔적</li> </ul>                 |
| 보통풍화<br>(MW) | <ul style="list-style-type: none"> <li>해머타격 시 약간 무거운 쇠소리가 들림</li> <li>해머로 여러 번 타격으로 부서짐</li> <li>구성광물의 변색 및 착색 흔적</li> </ul> |
| 심한풍화<br>(HW) | <ul style="list-style-type: none"> <li>해머타격 시 둔탁한 소리가 들림</li> <li>거칠한 광물 알갱이들이 관찰됨</li> <li>완전 변색, 심한 착색</li> </ul>          |
| 완전풍화<br>(CW) | <ul style="list-style-type: none"> <li>손가락으로도 쉽게 흙으로 부서짐</li> <li>암조직의 흔적이 관찰되며 흙을 다져놓은 정도의 강도를 가짐</li> </ul>                |

【표 2.12】 불연속면 간격 분류 기준

| 등 급                     | 간 격(m)              |
|-------------------------|---------------------|
| 밀착됨 (tight)             | $X < 0.06$          |
| 약간 벌어짐 (partly open)    | $0.06 \leq X < 0.2$ |
| 벌어짐 (open)              | $0.2 \leq X < 0.6$  |
| 약간 넓음 (moderately wide) | $0.6 \leq X < 2$    |
| 넓음 (wide)               | $2 \leq X$          |

**라. 일반 지형**

조사대상 구간의 전반에 걸쳐 이에 대한 조사를 실시하여야 하며, 사면 상하부의 경우는 지반 함몰이나 용기 등의 현상을 관찰하고, 사면 내에서는 사면경사 불량 여부를 파악한다.

**마. 지하수**

분할된 구간별로 사면의 표면에서 관찰되는 누수 흔적으로 관찰하며, 동일한 구간 내에서 다수의 누수 흔적이 관찰되는 경우 가장 불리한 조건으로 평가한다.

**바. 배수조건**

5단계로 육안조사를 통해 평가하며 평가대상 구간의 지표수 및 지하수에 따른 배수시설의 상태를 평가한다.

- 양호 : 배수시설이 노후되었으나 배수기능이 원활한 상태
- 보통 : 배수시설이 노후되고 일부 균열이 관찰되나 배수기능이 원활한 상태
- 불량 : 배수시설이 노후되고 균열, 변형 등 결함이 발생하여 배수기능이 불량한 상태
- 매우 불량 : 지표수 및 지하수로 인해 사면의 안전성능에 직접적인 영향을 미치며, 배수 시설이 설치되어 있지 않거나 결함으로 인해 배수를 못하는 상태

**사. 붕괴이력**

분할된 구간별로 붕괴이력을 조사하여 평가하며, 사면의 표면 세굴 및 소규모 유실 등의 발생이력, 표층유실 및 낙석, 암탈락 등 표층파괴 발생이력, 사면의 안정성에 영향을 미치며 보강공법을 요하는 대규모 심층파괴 발생이력, 그리고 보강공법을 요하는 대규모 파괴가 발생하여 사면하부의 주구조물에 영향을 미칠 수 있는 상태로 분류하여 평가한다.

**아. 낙석**

분할된 구간에 대해 이미 발생하여 적치된 낙석의 양으로 발생규모를 평가하고, 사면에 존재하는 뜬돌 및 이완암 등 낙석 발생 가능성이 있는 암괴의 규모로 예상 낙석에너지를 평가한다.

**자. 사면 상부 상태**

사면 상부에 존재하는 자연사면에서 유입되는 지표수에 의한 영향을 평가하기 위해서 자연사면의 경사를 측정하여 평가한다. 분할된 구간의 상부자연사면 대표 경사를 평지 또는 역경사에서 30°이상까지의 범위에서 5단계 등급으로 분류하여 평가한다.

**차. 인장균열**

인장균열의 발생 여부를 파악하기 위해서는 조사대상 사면의 상부로부터 가상의 원호활동원에 포함되는 위치까지 조사하는 것이 원칙이나 보다 신뢰성 있는 조사를 위해서는 사면 상부 전반에 대하여 조사한다.

평가대상 구간 내에 인장균열의 유무를 파악하고 인장균열이 확인되는 경우 폭, 깊이, 길이, 진행성 여부 등을 파악하여야 한다. 인장균열의 진행성(또는 확장) 여부는 최근 점검 자료와 비교 계측 등을 통하여 판단하며, 인장균열이 확인될 경우 상태안전성능 평가 결과를 하향하고 구조안전성능 평가결과 및 현장 상태에 따라 보강 대책방안을 검토해야 한다.

**2.2.4 구조안전성 평가를 위한 조사방법****가. 강도정수의 산정**

사면의 안정해석법은 여러 가지가 있으나 그 정확성은 강도정수와 사면의 기하학적조건의 정확도 및 각 해석방법 고유의 정밀도에 따라 좌우되며, 대부분의 경우에 있어서는 토질 특성과 기하학적 조건이 각 해석방법의 차이보다 결과에 더 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 안정해석에 있어서 강도정수를 정확히 결정하는 것이 가장 중요한 사항이 된다. 강도정수의 산정은 기존 문헌자료를 검토하거나 현장시험 또는 실내시험을 통해 결정한다.

**나. 토사사면의 안정해석**

토사사면의 안정해석은 원호파괴에 대한 해석이 주를 이루며, 암반사면의 경우에도 풍화가 심하고 불연속면이 매우 조밀하게 발달했을 경우 원호파괴에 대한 안정 해석을 실시할 수 있다.

**다. 암반사면의 안정해석**

암반사면에 대한 안정해석은 지표지질조사에서 얻은 비탈면에 분포된 불연속면 주향과 경사(또는 경사방향, 경사)를 측정·분석하여 평사투영법(Stereographic projection method)에 의해 붕괴가능 사면을 판단한 후 위험지역에 대해 불연속대로 인해 예상되는 파괴면을 대표단면으로 설정하여 한계평형해석법에 의한 안정해석을 수행할 수 있다.

**【표 2.13】 절토비탈면 유형별 안정해석 범위**

| 구 분  | 평사투영<br>해석 | 한계평형해석 |    | 비 고                                                                                                              |
|------|------------|--------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |            | 토사     | 암반 |                                                                                                                  |
| 토사사면 | -          | ○      | -  | ○ 원호활동에 대한 한계평형 해석 실시                                                                                            |
| 암반사면 | ○          | △      | ○  | ○ 평사투영해석결과 불안정시 파괴 유형에 따른 한계평형해석 수행<br>○ 3m이상의 토층이 관찰되거나 풍화가 심하게 진행되어 원호활동이 예상되는 구간에 대해 평사투영해석결과와 별도로 원호파괴해석을 실시 |
| 혼합사면 | ○          | ○      | ○  | ○ 평사투영해석결과 불안정시 파괴 유형에 따른 한계평형해석 수행<br>○ 평사투영해석결과와 별도로 토사구간에 대해 원호파괴해석 실시                                        |

**2.2.5 내구성능 평가를 위한 조사방법****가. 토양경도시험****1) 일반 사항**

토양경도는 토양의 치밀도 또는 견밀도라고도 하며, 토양경도계(산중식 경도계)를 이용하여 사면 상부, 중부, 하부를 각 10회씩 측정하여 평균하고 토양경도지수를 mm 단위로 나타낸다. 외부 관입 물체에 대해서 저항하는 토양의 힘을 경도(Hardness), 저항 (Resistance) 또는 강도(Strength)라 하며, 관입시키는 원추의 각도와 단면적, 기록장치에 따라 다양한 경도계가 있다.

일반적으로 토양경도계라 하면 산중식 경도계와 끝이 원추형인 붕을 토양깊이 60~80cm 까지 관입하여 깊이별 원추의 관입저항을 측정하는 관입식 토양경도계를 의미하며, 여기서는 산중식 경도계에 대한 점검방법을 기술한다.

산중식 경도계는 토양 표면의 경도를 손으로 밀어 측정하는 휴대용 기기 (Hand-Push형)로 반경 0.9cm, 높이 4cm의 금속 원추에, 4cm 수축에 8kg의 힘이 필요한 용수철이 연결되어 있으며 토양에 직각으로 눌렀을 때, 관입이 정지될 때의 원추가 후진한 길이(mm)를 재

고, 그때의 용수철의 수축에 해당하는 무게를 토양에 접한 원추의 단면적( $\text{cm}^2$ )으로 나누어 경도( $\text{kg/cm}^2$ )를 계산한다. 일반적으로 원추의 관입깊이(mm)를 토양경도로 표시한다.

## 2) 측정 방법

- ① 경도를 측정하고자 하는 부위의 토양을 수평이나 수직으로 표면을 평평하게 다듬는다.
- ② 경도계를 손에 단단히 잡고 유동지표를 0에 맞추고 토양에 직각으로 관입시킨다.
- ③ 유동지표가 가리키는 눈금(mm)을 정확히 읽고 mm로 표시한다.
- ④ 관입 깊이  $w(\text{mm})$ 는 다음과 같은 계산식에 의해 경도( $R, \text{kg/cm}^2$ )로 환산할 수 있다.

$$R = \frac{100w}{0.795 \times (40 - w)^2}$$

## 나. 슈미트해머 측정(Schmidt Hammer Rebound Hardness Test)

### 1) 일반 사항

슈미트 해머(Schmidt Hammer)법은 경화 암반면에 슈미트해머로 타격에너지를 가하여 암반면의 경도에 따라 반발경도를 측정하고, 이 반발경도( $R_o$ )와 암반 압축강도( $f_c$ ) 사이에는 특정한 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 하여 암반 압축강도를 추정할 수 있다.

슈미트해머는 콘크리트용인 N, NR형 등이 있으나, 암반 사면조사 시에는 암석용인 L형을 사용하여야 한다.

### 2) 측정 방법

- ① 타격면을 선정할 때는 충전물이나 분해된 암석 입자가 없는 편평한 면을 선택하여 그 면에 수직하게 타격한다. 동일한 곳을 계속 가격하지 않고 이전에 타격한 곳에서 최소한 플런저 직경만큼 떨어진 곳을 타격한다.
- ② 슈미트 해머의 원리는 암반 타격 시 반발치( $R$ )와 암반의 압축강도 ( $F_c$ )와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.
- ③ 타격시 해머 내의 중추 반동량을 반발치( $R$ )로 표시하며, 이 반발치( $R$ )의 크기에 따라 암반의 압축강도를 추정한다. 일반적으로 타격 시 반발치( $R$ )는 타격에너지 및 피 타격체의 형상, 크기, 재료의 물리적 특성에 따라 다르다.
- ④ 슈미트 해머법이 재료의 강도와 일률적인 관계가 있는 것만은 아니다. 특히, 암반과 같은 불균질한 재료에서는 슈미트 해머로 표면에서 국부적 타격을 하는 경우 반발치( $R$ )는 타격면에 존재하는 골재의 유무, 습윤상태, 암반의 재령 등에 차이가 난다. 하지만 간편하고 짧은 시간에 강도 추정이 가능한 우수한 사용성과 암반 전체에 대해 강도 측정이 가능하다는 점에는 유효한 시험법이라 할 수 있다.

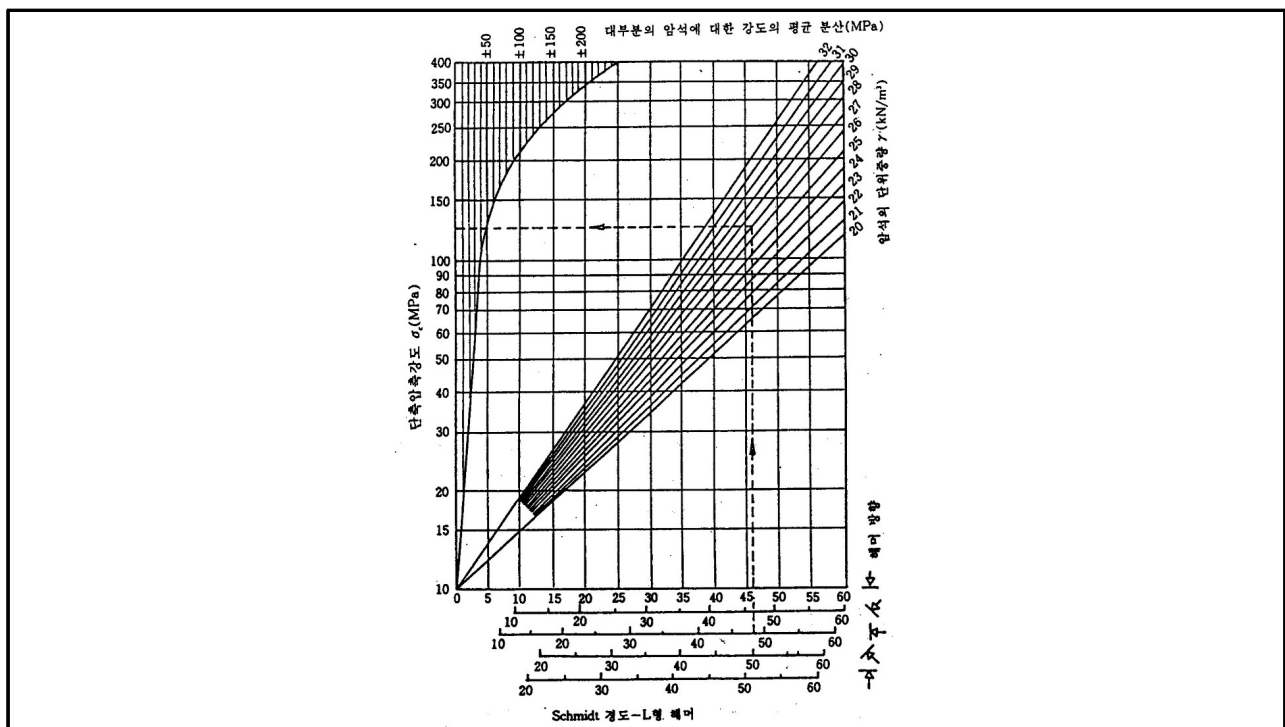
## 3) 결과 분석

슈미트해머를 이용하여 강도를 추정할 경우, 다음 표를 이용하여 타격방향에 따른 보정 절차를 거친 후, 20개의 타격점에 대한 반발값 중 하위 50%의 값은 버리고, 상위 50%만을 취하여 그 평균값을 대표값으로 한다. 슈미트해머 반발값(대표값)을 이용하여 암석의 일축압축강도를 추정할 경우, 아래 식 이용 및 슈미트해머 반발지수에 대한 일축압축강도 변화차트를 이용하여 추정한다.

$$JCS = 10^{(0.0008r\gamma + 1.01)} \text{ (MPa)} \quad (r : \text{반발값}, \gamma : \text{암석의 밀도(kN/m}^3\text{)})$$

【표 2.14】 타격 방향에 따른 반발값 보정표

| 반발값 | 아래쪽                  |                      | 위쪽                   |                      | 수평                 |
|-----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
|     | $\alpha = -90^\circ$ | $\alpha = -45^\circ$ | $\alpha = +90^\circ$ | $\alpha = +45^\circ$ | $\alpha = 0^\circ$ |
| 10  | 0                    | -0.8                 | -                    | -                    | -3.2               |
| 20  | 0                    | -0.9                 | -8.8                 | -6.9                 | -3.4               |
| 30  | 0                    | -0.8                 | -8.8                 | -6.2                 | -3.1               |
| 40  | 0                    | -0.7                 | -6.6                 | -5.3                 | -2.7               |
| 50  | 0                    | -0.6                 | -5.3                 | -4.3                 | -2.2               |
| 60  | 0                    | -0.4                 | -4.0                 | -3.3                 | -1.7               |



【그림 2.2】 슈미트해머 반발지수를 이용한 일축압축강도 변환 차트

## 다. 식생피복율

사면 전체 면적 대비 피복 면적의 비로서 현장 육안조사를 통하여 면적율을 측정한다. 현장상황 및 여건에 맞게 간단한 도구를 사용한다.

- 필요 측정 기구 : 줄자, 필기도구, 디지털카메라 등
- 식생피복율(%) = 식생피복면적(m<sup>2</sup>)/사면면적(m<sup>2</sup>) x 100

#### 라. 손상면적율

사면 전체 면적 대비 피복 면적의 비로서 현장 육안조사를 통하여 면적율을 측정한다. 현장상황 및 여건에 맞게 간단한 도구를 사용한다.

- 필요 측정 기구 : 줄자, 필기도구, 디지털카메라 등
- 식생피복율(%) = 식생피복면적(m<sup>2</sup>)/사면면적(m<sup>2</sup>) x 100

#### 마. 암반의 절리상태 및 풍화진행도

암반의 절리상태 및 풍화진행도 조사방법은 "상태안전성능 평가를 위한 조사방법"에서 '불연속면 특성'의 조사방법과 동일하게 실시한다. 세부 평가지표 및 평가결과는 내구성능 평가 기준에서 제시하는 사항을 따른다.

## 2.3 현장조사(옹벽)

### 2.3.1 사전조사

시설물의 재해예방 및 안전성을 확보하고 보수대책공법 제시를 전제로 하여 손상원인을 규명하고, 보수공법을 선정하기 위한 정보를 얻기 위하여 구조물을 부분적으로 파괴하는 시험도 포함함으로써 옹벽을 구성하고 있는 재료의 내구성능, 배면 및 기초지반의 상태 등을 정량적으로 구해야 한다. 성능평가 시의 점검항목 및 방법을 제시하며, 추가조사 항목은 관리주체와 협의하여 조사한다.

【표 2.15】 절토사면 사전조사 내용

| 구 분          | 내 용                                                                                                                                                                             |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 기초자료 조사 및 검토 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과업지시서</li> <li>○ 지반조사 현황 및 결과분석</li> <li>○ 지반분류 현황 및 평가</li> <li>○ 지반 및재료 특성치 조사와 관련된 평가</li> <li>○ 기타 옹벽과 관련된 모든 자료조사 및 분석</li> </ul> |
| 해석방법 및 결과분석  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사용프로그램 확인</li> <li>○ 해석용 입력자료 분석평가</li> <li>○ 보조공법의 유무 및 적정성 검토</li> </ul>                                                             |
| 설계도면 검토      | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 옹벽의 단면계획 검토</li> <li>○ 시공방법 검토</li> <li>○ 시공순서도</li> <li>○ 해석결과와 설계도면의 일치성 비교.검토</li> </ul>                                            |

### 2.3.2 안전성능 평가를 위한 조사방법

#### 가. 측정분할

측점분할 간격은 20m 내외가 적당하며, 면밀한 조사가 필요한 구간에 대해서는 별도로 세분해야하고, 내업작업 및 결과분석 작업은 평가단위로 분할하여 실시해야 한다.

- 1) 국부적인 표면오염이나 습기 등이 있는 경우에는 이를 제거하고 스프레이, 매직, 유성 펜 등으로 표시하며 석필, 분필 등으로 표시할 수 있다.
- 2) 측정분할은 통상 옹벽 시점부터 시작하여 종점에서 끝나며, 분할에 따른 오차를 최소화하고, 단면변화 구간이나 굴곡구간 등 현장에서 직접 확인 가능한 위치는 현장조사 전에 미리 확인하여 측점을 분할함으로써 오차를 줄인다.

#### 나. 측량

외관조사 결과 옹벽의 단차나 침하가 발생한 곳에 대해서 정확한 단면상태 및 시공 상태 파악을 위하여 옹벽의 선형측량 및 수준측량을 실시한다. 준공도상의 단면과 현 상태의 차이를 검토·비교하여 보수·보강 대책 수립시와 유지·관리업무 수행시에도 활용할 수 있도록 한다.

- 1) 옹벽 측량은 단면형상이 변화하는 구간과 표고가 변화하는 구간을 중심으로 옹벽의 시점부터 종점까지 실시한다.

#### 다. 진행성 변형 및 변위조사

변위 및 변형은 크게 진행성 및 비진행성으로 분류할 수 있으며, 진행성 변위는 시설물 전체의 안전성에 크게 영향을 미칠 수 있다. 비진행성이라고 판단되는 변위 및 변형도 장기적인 미소한 변위가 누적되면 위험수준에 도달할 수 있으므로 과거의 측정자료를 분석하여 장기 계측을 고려할 필요가 있다.

#### 라. 배수상태 조사

옹벽의 배수상태 조사는 시설물의 사용 중에 발생하는 지표수 및 지하수 유입시 그 기능을 적절히 발휘할 수 있는가를 알아보기 위해 실시한다.

- 1) 시공당시 배수공이 적절히 설치되었는가 확인함
- 2) 배수공이 이물질로 막혀 그 기능을 상실했는지 확인함
- 3) 강우시 주변 지표수가 배수시설로 원활히 유입되는지 확인함



### 2.3.3 내구성능 평가를 위한 조사방법

본 과업대상의 보강토옹벽에서는 열화환경에 대한 평가를 수행하였으며, 아래의 사항은 지침의 일반사항으로 본 보고서에 수록하여 업무에 참조토록 하였다.

#### 가. 콘크리트 내구성능

##### 1) 염해환경

대상시설물의 위치(주소)를 확인하고 해안까지의 최단거리(직선거리)를 측정하며, 해안선의 기준은 만조를 기준으로 한다.

##### 2) 동해환경

기상자료개방포털(data.kma.go.kr)의 기상관측 자료를 통하여 지난 10년간 동절기의 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량을 조사한다. 대상지점의 기상관측소는 대상구조물의 가장 가까운 관측소를 설정하며, 같은시라고 해도 관측지점에 따라 다소 큰 차이가 있으므로 가까운 관측소를 기점으로 반영한다.

##### 3) 피복(표면부) 콘크리트 품질

피복 콘크리트 품질은 반발경도값을 원칙으로 사용하며, 설계강도값과 비교하는 경우와 건전부 및 비건전부를 비교하는 경우로 구분하여 실시한다.

- 설계강도값과 비교하는 경우는 강도 추정값과 설계값을 비교하여 피복 콘크리트의 내구성능을 평가한다.
- 건전부 및 비건전부를 비교하는 경우는 강도를 추정할 필요가 없으며, 반발경도값을 직접 비교하여 판정한다.
- 안전성능의 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험)측정 결과를 활용하여 평가한다.

##### 4) 콘크리트 탄산화 깊이

부재를 천공할때의 콘크리트 분말가루나 코어시료에 대하여 페놀프탈레인(1%)용액에 의한 변색반응검사 등으로 한다. 단, 검사부위는 부재가 위치한 환경과 설계.시공 상태를 고려하여 건전한 곳을 선택한다.

##### 5) 콘크리트 염화물 침투량(콘크리트 염화물 함유량)

콘크리트 내의 염화물 침투량에 관한 KS규격에 따라 공인시험기관에서 실시한다.

#### 나. 강재 내구성능

##### 1) 강재의 도장열화, 도장두께

외관조사를 원칙적으로 육안조사 및 간단한 비파괴 검사를 중심으로 실시한다.

