

## 제47장 상주절토47

---

47.1 대상 시설물 현황

47.2 관련 자료의 분석

47.3 현장조사

47.4 안전성능평가

47.5 내구성능평가

47.6 종합평가

47.7 유지관리전략 제안

47.8 종합결론



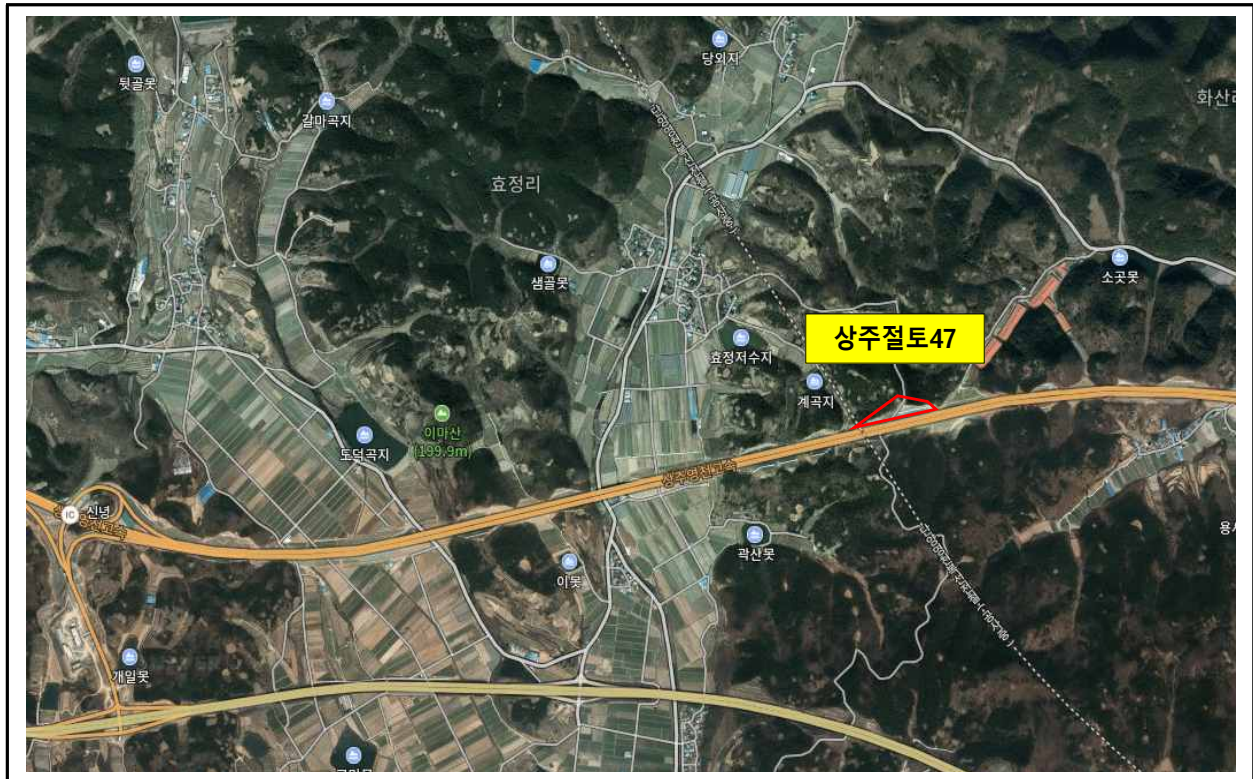
## 제47장 상주절토47

## 47.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 영천시 화산면 화산리(상주영천고속도로 70.498~70.778km)에 위치한 사면으로서 총 연장 280.0m, 높이 42.0m의 절토사면으로 시공되어 있다.

【표 47.1】 사면 일반사항

|       |                |                                 |        |            |  |
|-------|----------------|---------------------------------|--------|------------|--|
| 시설물번호 | SL2017-0000056 |                                 | 관리번호   | SY SL47    |  |
| 시설물명  | 상주절토47         |                                 | 시설물구분  | 절토사면       |  |
| 위 치   | 행정구역           | 경상북도 영천시 화산면 화산리                |        |            |  |
|       | 위치좌표           | 시점 : 36° 02'44.0" 128° 50'34.0" |        |            |  |
|       |                | 종점 : 36° 02'42.0" 128° 50'25.0" |        |            |  |
|       | 관리이정           | 70.498~70.778km                 |        |            |  |
|       | 공구이정           | 8공구 STA.5+140~5+420             |        |            |  |
| 제 원   | 연 장            | 280m                            | 높 이    | 42.0m      |  |
|       | 경사/방향          | 45/167                          | 노 선    | 고속국도 301호선 |  |
| 관리주체  | 상주영천고속도로(주)    |                                 | 관리주체구분 | 민간         |  |
| 주변환경  | 인공구조물          | -                               |        |            |  |
|       | 주변지형           | 산악지형                            | 상부사면경사 | 0~10°      |  |
| 시공현황  | 준공년도           | 2017                            | 시 공 자  | (주)대우건설    |  |
|       | 부대시설           | 점검로, 배수로, 산마루측구, 낙석방지울타리        |        |            |  |
| 비 고   |                |                                 |        |            |  |



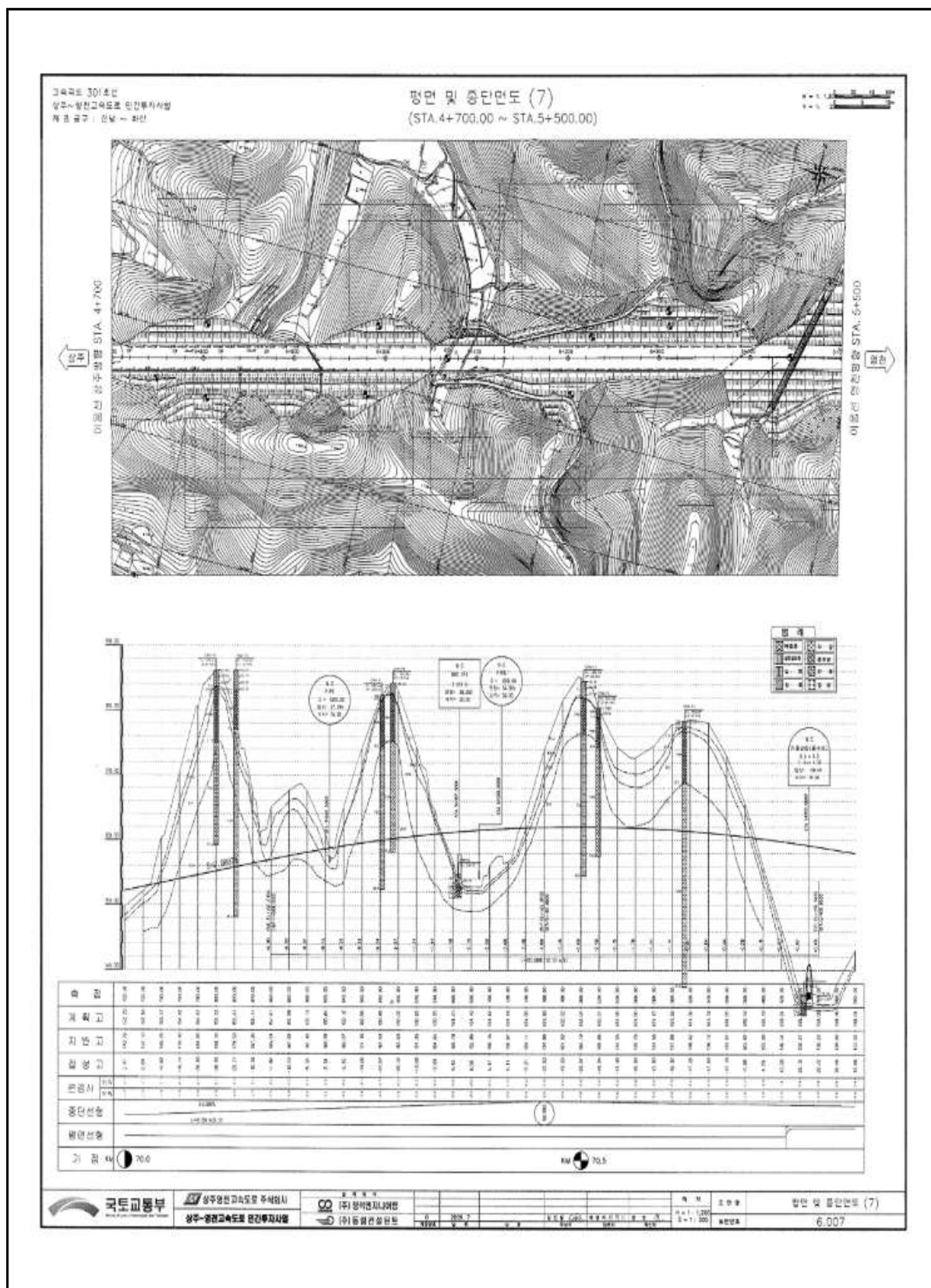
【표 47.1】 위치도

2025년 정밀안전점검(금회)

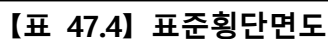


【표 47.2】 전경사진

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| 2단 사면 전경                                                                            | 소단배수로 전경                                                                             |
|   |   |
| 산마루측구, 점검계단 전경                                                                      | 자연사면 전경                                                                              |
|  |  |
| 하단(이격부) 전경                                                                          | 점검사다리 전경                                                                             |



**【표 47.3】 평면도**



## 47.2 관련 자료의 분석

### 47.2.1 유지관리 관련 자료 현황

#### 1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

【표 47.2】 유지관리 관련자료 현황

| 보존대상 목록          |                                                                                                                                                                                                                                                | 보유현황                                             | 비 고                        |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------|
| 설계도서             | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공통               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 준공내역서</li> <li>- 공사 및 특별시방서</li> <li>- 각종계산서</li> <li>- 토질 및 지반조사 보고서</li> <li>- 기타 특이사항 보고서</li> </ul> </li> </ul>                         | 보유<br>보유<br>보유<br>보유<br>-                        | ○ 상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 8공구 |
|                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 설계도면               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 위치도, 전개도, 평면도, 종·횡단면도 등</li> </ul> </li> </ul>                                                                                            | 보유                                               | ○ 상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 8공구 |
| 시설물 관리대장         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기본현황</li> <li>○ 상세제원</li> <li>○ 유지관리 이력</li> </ul>                                                                                                                                                    | 보유<br>보유<br>보유                                   | ○ 시설물정보관리 종합시스템(FMS)       |
| 시공관련 자료          | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시공관련자료</li> <li>○ 품질관리 관련자료               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재료증명서</li> <li>- 품질시험기록</li> <li>- 각종 시험기록</li> <li>- 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료</li> </ul> </li> <li>○ 사고자료</li> </ul> | 일부 보유<br><br>일부보유<br>일부보유<br>일부보유<br>-<br>-<br>- | ○ 상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 8공구 |
| 안전점검 및 정밀안전진단 자료 |                                                                                                                                                                                                                                                | 보유                                               | ○ 시설물정보관리 종합시스템(FMS)       |
| 보수·보강 자료         |                                                                                                                                                                                                                                                | 일부 보유                                            | ○ 시설물정보관리 종합시스템(FMS)       |

#### 2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

## 47.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “상주영천고속도로 민간투자 산업 건설공사 8공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

## 1) 사면 적용구배 및 소단설치 기준

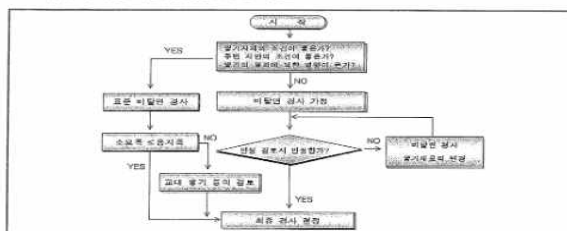
## 7.4 비탈면 설계기준

비탈면 안정해석을 위한 설계기준은 대체적으로 소단, 비탈면기울기 및 최소안전을 등으로 구분할 수 있으며 이에 대하여 검토하면 다음과 같다.

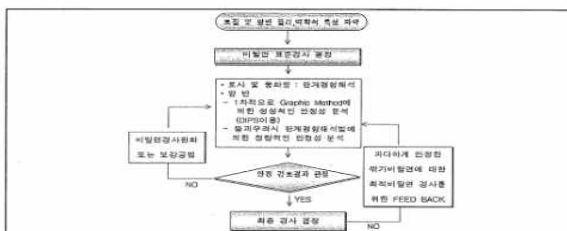
## 7.4.1 비탈면 기울기기준

가. 비탈면 기울기 기준 결정

(1) 쌓기 비탈면 기울기 결정에 따른 흐름도



(2) 쌓기 비탈면 기울기 결정에 따른 흐름도



251

## 7.4.2 소단 설치기준

가. 국내외 관련별 소단 적용기준

소단 설치빈도 및 폭에 대하여 국내외 기관별, 비탈면의 종류 및 지반의 특성 등을 고려하여 비교분석한 결과는 다음과 같다. 소단 적용기준 현황을 보면 일본의 경우는 소단설치 높이 기준을 7m 미만 1~2m로 규정하고 있으며 국내기준은 5~10m마다 0.5~3.0m이다. 소단의 설치목적은 비탈면원시방지를 위한 배수시설 설치, 점검보수용 통로 등의 유지관리에 있으므로 발파면중에서는 H=10.0m 미만 1.0m소단과 리빙알 및 토사층에서는 H=5.0m마다 1.0m소단을 설치하며 H=20.0m마다 3.0m소단을 설치하는 것이 대체적으로 타당한 것으로 사료된다.

[국내외 기관별 소단적용 기준]

| 구분  | 기관 및 규정명             | 소단적용 기준                                                                                                                                                          |
|-----|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 국 내 | 건설공사 비탈면 설계기준 (2006) | · 비탈면 높이 10m 이상 : 편차적으로 소단설치<br>· 비탈면 중간에 5~20m 높이 마다 폭 1~3m 소단설치                                                                                                |
|     | 한국도로공사 도로설계요령 (2002) | · 리빙알 : R.Q.D = 0~10%, H=5m 마다 소단 1m<br>· 발파면<br>R.Q.D = 10~25% : H = 10m 마다 소단 1~2m<br>R.Q.D = 25~50% : H = 10m 마다 소단 1~2m<br>R.Q.D = 50% 이상 : H = 20m 마다 소단 3m |
|     | 건설부 도로시설기준           | · H = 5 ~ 10m 마다 소단 1 ~ 1.5m                                                                                                                                     |
|     | 한국토지공사               | · H = 7m 마다 소단 0.5 ~ 1.5m                                                                                                                                        |
|     | 도로공단 설계요령            | · H = 7m 마다 소단설치                                                                                                                                                 |
| 일 본 | 국립철도토목구조물 표준시방서      | · 암석과 접하는 토사 경계부와 7m 마다 소단 설치                                                                                                                                    |
|     | 철도설계요령               | · H > 10m의 경우 7m마다 소단 1.5m, 기울기3%                                                                                                                                |

## 7.4.3 지하수위 적용기준

가. 적용기준

비탈면안정해석시 지하수위는 계절적인 지하수위 변화, 지질 및 시간적 요소를 고려하여 비탈면의 안정조건에 가장 불리한 상태를 해석에 적용하는 것이 바람직한 것으로 사료된다. 발기구간에서는 시공속도에 따른 장단기적인 배수조건과 토층 및 중화원 지반조건에서는 강우 시 침투해석에 의한 간극수압분포를 실제 안정해석에 이용하여야 하나 본 설계에서는 다음과 같이 적용하였다.

250

다. 쌓기 비탈면

자연지반의 토질은 매우 불균질하고, 풍화도, 상습상태 및 균열 등에 의해 지반의 강도는 현저하게 다르며 시공후 시간의 경과에 따라 응력이완, 대기노출로 인한 풍화현상 등으로 침지반의 전단강도가 약해지므로 비탈면이 차차 불안정하게 된다.

따라서 쌓기비탈면 안정을 위한 기울기기준 결정은 토질구성, 상태, 특성, 지질조건, 지하수위 상태 및 시공조건과 비탈면의 용도 등을 종합적으로 분석 고려하여야 한다.

국내 쌓기비탈면 설계기준 적용기준은 건설교통부 및 한국도로공사 설계기준에 의거한 표준기울기를 적용하고 있으며 원반층에서 층리나 절리 등이 규칙있게 발달할 경우 기울기 비탈면에 따라 큰 경사가 예상되므로 지반조사 결과를 토대로 파괴형태를 예상하여 이에 대한 적절한 비탈면 기울기설정 및 부가적인 안정대책을 수립하도록 계획하였다.

[유지반 토질에 대한 비탈면 기울기별명]

| 토 질 조 건           | 비탈면높이(m)      | 기울기           | 비 고           |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| 모 래               | -             | 1:1.5 이상      | SW, SP        |
| 사 질 토             | 매설한 것         | 5 이하          | 10.8 ~ 1:1.0  |
|                   |               | 5 ~ 10        | 1:1.0 ~ 1:1.2 |
|                   | 매설하지 않고       | 5 이하          | 1:1.0 ~ 1:1.2 |
|                   | 입도분포기 나쁨      | 5 ~ 10        | 1:1.2 ~ 1:1.5 |
| 자갈 또는 암석 섞인 사 질 토 | 매설하고 입도분포기 좋음 | 10 이하         | 10.8 ~ 1:1.0  |
|                   |               | 10 ~ 15       | 1:1.0 ~ 1:1.2 |
|                   | 매설하지 않거나      | 10 이하         | 1:1.0 ~ 1:1.2 |
|                   | 입도분포기 나쁨      | 10 ~ 15       | 1:1.2 ~ 1:1.5 |
| 점 성 토             |               | 0 ~ 10        | 10.8 ~ 1:1.2  |
|                   |               | 5 이하          | 1:1.0 ~ 1:1.2 |
| 알괴 또는 호박을 섞인 점성토  | 5 ~ 10        | 1:1.2 ~ 1:1.5 | GM, GC        |
| 물 차 얇             | -             | 1:1.0 ~ 1:1.2 | 사면이 형성되지 않는 앞 |

주) 1. 실패는 점성토로 간주, 표에 표시한 토질 이외에 대해서는 별도로 고려한다.

2. 위 표의 기울기는 소단을 포함하지 않는 단일비탈면의 기울기이다.

(건설교통부, 건설공사비탈면설계기준, 2006년)

## 7.4.5 설계기준 선정

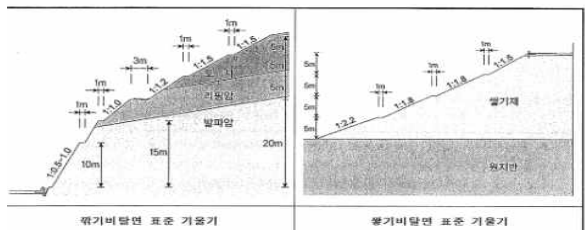
가. 비탈면 기울기 및 소단설치 기준

비탈면안정 해석을 위한 비탈면의 설계기준은 7.4.1 비탈면 기울기 기준에서 서술한 바와 같이 검토하였으며, 설계기준으로는 건설교통부 및 한국도로공사 기준을 적용하였다.

아래의 표는 비탈면의 설계기준을 정리한 것이며 본 표를 준용하여 비탈면안정 해석을 실시하는 것을 원칙으로 하나 해석 후 불안정한 경우 비탈면기울기를 완화하거나 비탈면안정 대책공법을 제시한다.

<비탈면 기울기 설계기준>

| 비탈면 구분  | 토 질   | 적용 경사         | 소 단 설 치                                                                                                                            |
|---------|-------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 방파기 비탈면 | 토 사 층 | 1 : 1.2 ~ 1.5 | · 토사 및 리빙알<br>· 방파기 높이 5m 미만 소단 1m 설치<br>· 방파면 :<br>· 수직높이 10m 미만 소단 1m 설치<br>· 방파기 높이 20m 미만 3m 소단설치<br>· 리빙알과 방파면 사이에는 소단설치하지 않음 |
|         | 리 빙 알 | 1 : 1.0       |                                                                                                                                    |
|         | 발 파 면 | 1 : 1.0       |                                                                                                                                    |
| 쌓기 비탈면  | 쌓 기 재 | 1 : 1.5 ~ 3.2 | · 쌓기 높이 5m 미만 1m 소단설치                                                                                                              |



259

## 2) 지형 및 지질

## 제 4 장 조 사 결 과

#### 4.1 지표 지질 조사

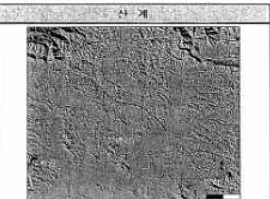
#### 4.1.1 지형 및 지질특성

지질개요

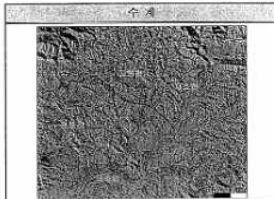
- 조사지역의 지질은 변성암 화강류 주정합으로 농업, 사암, 역질사암, 역암, 니질암(세립 및 미립)등으로 이루어지는 중생대 경산누층군의 퇴적암류들이 넓게 분포
- 조사지역의 근상암질은 규장편암과 호성함암질에 변화하는 양상으로 해당지역에 분포하는 춘산층(구신아말층)의 결과에서는 니질층이 매우 두세한 호성 퇴적암일



가. 지형특성



• 괴림산은 한 폭의 그림이 50m 내외인 볼 수 있고  
 • 괴림산의 북쪽으로는 주령지대에 의해  
 • 괴림산의 남쪽으로는 괴림산이 위치하며 서쪽으로는  
 • 괴림산의 동쪽으로는 괴림산이 자리 잡고  
 있다.



- 과업노선의 복종책과 복서책에는 각각 고원천과 신원천이 위치하고 있으며 북쪽으로는 청룡천이 흐르고 있음
- 신원천은 남동 방향으로 흐르면서 과업노선의 중점부와 교차하고 있음
- 이들 하천은 많은 지류를 형성하고 있으며 수지상의 부존자 실재량 보유

47

나. 분포양상 특성

| 구분  | 자질 특성                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 춘산술 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 종의 두께는 700m 내외이며 암석의 및 자석 미암과 신타일, 암석적 세일 및 사암으로 구성된다. 최하부는 2~3m 두께의 구단층을 포함하였으며, 중부는 기사층 역암으로 절결 지워진다. 구단층을 이루는 주로 춘산암질의 암석 및 석영암질암과 화산의 기물로 구성되었으나, 수류작용을 지시하는 층리 및 모암을 것으로, 석물의 종결과 및 화석들이 산출된다(Taivola, 1999).</li> </ul>                                                                                                                            |
| 사곡술 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 하판은 절곡층과 용암암이 끝나고, 자석 미암과 신타일 암석암이 시작하는 춘산이며, 상판은 춘산술의 최하부인 구단층을 포함하여 적혀있다. 종의 두께는 군위에 서 2,000m에 이다. 남쪽으로 점차 깊어지며 하판에서는 250m에 불과하다. 주요 암석은 자석 미암과 신타일 및 녹색의 신타일 및 녹색의 사암이며, 중부에는 화암을 포함한 화체이다. 자석 미암은 신타일에 부속하며, 석회질 단암은 거의 발달하지 않는다. 건열, 연층, 사곡층과 발달하고 생화학작용을 한다. 석물 화석으로 <i>Frenelopsis cf. paracornuta Fontainei</i> 보고되었다(Taivola, 1999).</li> </ul> |

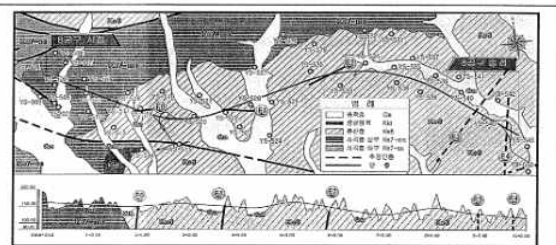
## 다. 지질 계층도

| 시정시대              | 중 역                    | 특 성                                            | 비 고                                             |                  |
|-------------------|------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|
| 제4기               | 충학송(Ka3)               | • 화전 및 산학 의례송                                  |                                                 |                  |
|                   | 중생령백(Ka2)<br>선생령백(Ka2) | — 부친상 —<br>• 과실의 지필                            | • 선 구간에서 기반암을 관입                                |                  |
|                   |                        | — 관방 —                                         |                                                 |                  |
|                   | 확강면(Ka2)               | • 과실의 지필                                       | • 3분구 중점부                                       |                  |
|                   |                        | — 관방 —                                         |                                                 |                  |
| 유적지               | 안산동결암(Kat)             | • 주로 용회암으로 구성                                  | • 노천과 표지석이 없음                                   |                  |
| 통탄기<br>백악기<br>하양조 |                        | — 관방 및 관송 —                                    |                                                 |                  |
|                   | 신양동층(Ka9)              | • 일회적 이암 및 셰일과 사암이 교호대                         | • 10군구 중점부                                      |                  |
|                   | 존산층(Ka8)               | • 일회적, 녹회색, 적색 이암 및 셰일<br>• 하부층에서 석회질 물질 다량 함유 | • 10~8군구에 걸쳐 분포                                 |                  |
|                   | 사곡층(Ka7)               | 상부<br>(Ka7-ms)                                 | • 일회적, 녹회색, 적색 이암 및 셰일<br>• 석회질 물질 함유           | • 8군구 시층         |
|                   |                        | 하부<br>(Ka7-ss)                                 | • 일회적, 녹회색, 적색 이암 및 셰일과 사암이 교호<br>• 사암부분을 다량 함유 | • 8군구 시층과 7군구 층위 |
|                   | 원곡층(Ka6)               | • 일회적, 녹회색, 적색 셰일 및 이암<br>• 주로 암회색 셰일로 구성      | • 7군구 층위 및 용암부                                  |                  |
|                   | 후룡동층(Ka5)              | 구계동층(Ka5-2)                                    | • 사암, 이암 및 미시돌 셰일 및 이암(나일 부세)                   | • 7군구 시층부        |
|                   |                        | 구비동층(Ka5-1)                                    | • 사암, 적색 이암질 셰일, 파색회색 및 흑암(나일 부세)               | • 6군구 층위부        |
|                   |                        | 일석층(Ka4)                                       | • 사암, 적색 미시돌 셰일, 퇴암<br>• 주로 사암이 부세              | • 6군구 층위 및 절점    |

48

#### 4.1.3 과업구간 지질분포 특성

## 가. 상세 지표지질조사



## ① 주요 노동 특성분석

| 노두 사진                                                                               | 특징                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 사곡출 상부(노두No.YS-202)</li> <li>• 적석 니질암</li> <li>• 층리방향 : 22/162</li> <li>• JI=84/208, J2=84/098</li> </ul>                                                                   |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 사곡출 하부(노두No.YS-504)</li> <li>• 녹회색 및 적색 니질암</li> <li>• 층리방향 : 32/148, 단층단향 : 66/356</li> <li>• 단층 비지 5mm, 단층 폭 0.5m</li> <li>• JI=68/264, J2=82/042, J3=67/318</li> </ul>   |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 사곡출 상부(노두No.YS-505)</li> <li>• 적색 니질암</li> <li>• 층리방향 : 20/169</li> <li>• JI=82/271, J2=78/340</li> </ul>                                                                   |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 사곡출 상부(노두No.YS-506)</li> <li>• 적색 니질암</li> <li>• 층리방향 : 22/166, 소단층방향 : 87/048</li> <li>• JI=68/348, J2=89/240, J3=72/116</li> <li>• 폭 0.5m, 파쇄대 1m정도, 단층 각력암 존재</li> </ul> |

53

### 나. 지질 각론

\*이하는 1:5만 신원도록(원광군 회, 1980)의 내용이다.  
이 지역의 지명은 백악기 퇴적암층과 화성암류로 구성되어 있다. 백악기 퇴적암층은 경상누층군 하상층군에 속하는 함안층(사곡층)·백마퇴적층(산상층)과 적멸층이고 화성암류는 이들을 편입한 아화강암류, 섬강암류, 만암질암류로 구분된다. 퇴적암은 삼상암과의 접촉대에서 호른페스토로 변성되었다(그림 3). 과립구단은 의성 소분지의 남단에 자리잡고 있어 유전 소분지와의 관계를 해석하는데 매우 중요한 지역이다.

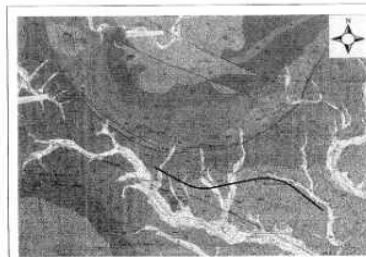


그림 3. 1:5만 과업구간 지질도 (원종관 외, 1980)

[illegible]

3) 지반조사 보고서

제 1 장 조 사 개요

1.1 조 사 명

• 상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계(8공구)

1.2 조 사 목 적

- 상주~영천 고속도로 민간투자사업을 위한 지반조사
- 계획노선의 지반공학특성 특성을 고려한 조사계획 수립
- 선정된 최적노선을 대상으로 구조물별 특성을 고려한 현장조사, 현장시험 및 실내시험 실시
- 지층의 구성상태, 지반공학특성 특성 및 지반조건 파악
- 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적이고 경제적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

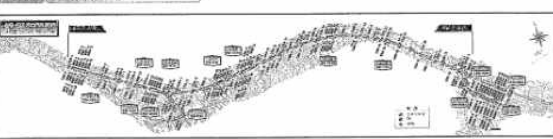
1.3 조 사 범 위

- 위 치
- 시점 : 경실북도 영천시 신녕면 화성리(STA. 0+000)  
(X=283,752.107, Y=180,809.115)
  - 종점 : 경실북도 영천시 화산면 가산리(STA. 10+000)  
(X=290,996.070, Y=189,777.475)
  - 연장 : 10.0km



- 특 성
- 상주~영천간 고속도로 건설을 통한 기존 고속도로(영부, 중부내륙)의 기능 회복 및 방계를 통한 효율성 증대
  - 고속도로 건설을 통해 통과 지역의 권역별 상호 균형 발전을 통한 공익성 증대

1.4 위 치 도



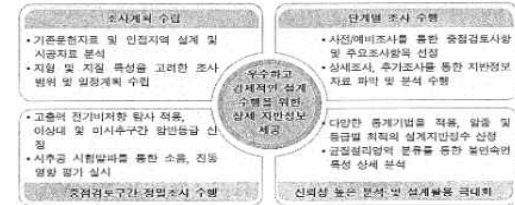
1.4.1 구조물 현황

| 교량 구간           |                           |                            | 토공 구간          |  |
|-----------------|---------------------------|----------------------------|----------------|--|
| • 가천교 (315m)    | • 갈매교 (13.0m)             | • 산남IC교 Ramp교 (30.0m)      | • 약기구간 : 24 구간 |  |
| • 호천교 (17.4m)   | • 향정교 (175.0m)            | • 화산JCT Ramp-A교 (490.0m)   |                |  |
| • 위지교 (10.4m)   | • 화산JCT Ramp-A1교 (340.0m) |                            |                |  |
| • 신녕교 (120.0m)  | • 동흥교 (105.0m)            | • 화산JCT Ramp-A2교 (45.786m) | • 쌓기구간 : 12 구간 |  |
| • 신녕IC교 (30.0m) | • 호지교 (12.0m)             | • 화산JCT Ramp-H교 (100.0m)   |                |  |

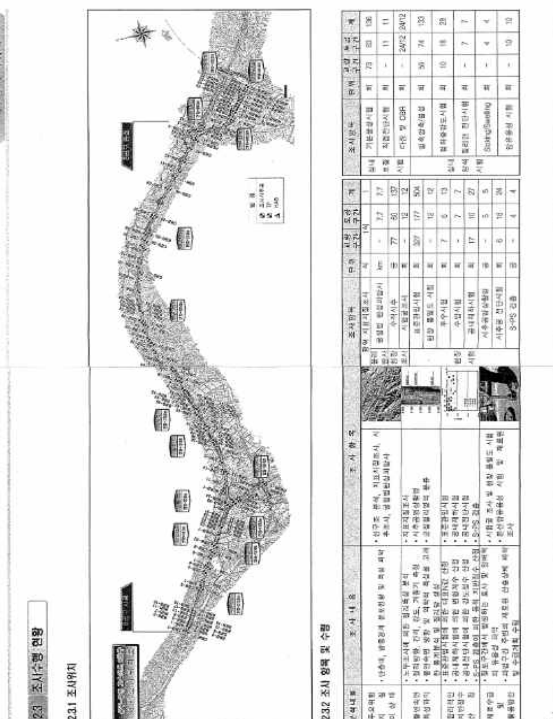
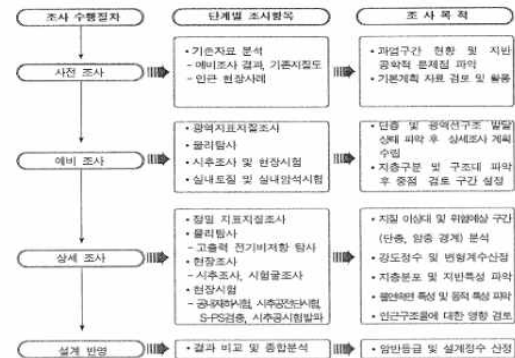
제 2 장 조 사 계획

2.1 조사 기본방향 및 수행흐름

(1) 조사 기본방향



(2) 조사 수행 흐름도



| 구 분         | 관 번     | STA.             | X           | Y           | 선정 이유                                 |
|-------------|---------|------------------|-------------|-------------|---------------------------------------|
| 화 산 JCT-A1교 | RBBB-19 | 0+397.93(좌2.34m) | 280,277.353 | 190,048.542 | • 교대 및 교각 다 1개소<br>• 상·하행선 분리 시 모두 수행 |
|             | RBBB-20 |                  | 시추불가        |             |                                       |
|             | RBBB-21 |                  | 시추불가        |             |                                       |
|             | RBBB-22 |                  | 시추불가        |             |                                       |
|             | RBBB-23 | 0+375.00(좌3.25m) | 280,223.009 | 190,077.342 |                                       |
|             | RBBB-24 | 0+372.76(좌2.98m) | 280,216.868 | 190,074.868 |                                       |
| 화 산 JCT-A2교 | RBBB-25 | 0+321.49(좌6.57m) | 280,189.854 | 190,119.475 | • 교대 및 교각 다 1개소<br>• 상·하행선 분리 시 모두 수행 |
|             | RBBB-26 | 0+329.88(좌4.43m) | 280,193.843 | 190,111.790 |                                       |
|             | RBBB-27 | 0+289.87(좌3.78m) | 280,166.900 | 190,140.980 |                                       |
|             | RBBB-28 | 0+289.84(좌4.33m) | 280,160.658 | 190,135.811 |                                       |
|             | RBBB-29 | 0+222.43(좌2.66m) | 280,123.196 | 190,192.105 |                                       |
|             | RBBB-30 | 0+221.89(좌3.80m) | 280,117.509 | 190,188.996 |                                       |

나. 약기구간

| 구 분     | 관 번    | STA.              | X           | Y           | 선정 이유                                   |
|---------|--------|-------------------|-------------|-------------|-----------------------------------------|
| 약 기 구 간 | CBB-1  | 시추불가              | 283,781.198 | 180,819.827 | • 약기부 개소당 2개소 이상 수행<br>• 약기구간 최대 철도고 선정 |
|         | CBB-2  | 시추불가              | 283,737.634 | 180,798.005 |                                         |
|         | CBB-3  | 0+784.62(좌50.40m) | 283,362.819 | 181,490.200 |                                         |
|         | CBB-4  | 0+807.08(좌13.04m) | 283,302.251 | 181,479.016 |                                         |
|         | CBB-5  | 1+115.83(좌23.44m) | 283,170.360 | 181,760.562 |                                         |
|         | CBB-6  | 1+199.13(좌37.56m) | 283,138.413 | 181,838.769 |                                         |
|         | CBB-7  | 1+204.72(좌24.16m) | 283,083.027 | 181,810.954 |                                         |
|         | CBB-8  | 1+384.16(좌16.78m) | 283,023.140 | 181,984.995 |                                         |
|         | CBB-9  | 1+500.89(좌26.84m) | 282,970.104 | 182,089.468 |                                         |
|         | CBB-10 | 1+483.82(좌16.85m) | 282,941.993 | 182,051.918 |                                         |
|         | CBB-11 | 2+733.48(좌16.34m) | 282,425.162 | 183,178.262 |                                         |
|         | CBB-12 | 2+968.92(좌34.19m) | 282,409.331 | 183,410.737 |                                         |
|         | CBB-13 | 2+946.00(좌24.28m) | 282,353.235 | 183,382.640 |                                         |
|         | CBB-14 | 3+804.15(좌34.65m) | 282,498.749 | 184,226.418 |                                         |
|         | CBB-15 | 3+810.88(좌38.80m) | 282,428.487 | 184,248.950 |                                         |
|         | CBB-16 | 4+118.75(좌43.83m) | 282,578.021 | 184,531.511 |                                         |
|         | CBB-17 | 4+163.93(좌23.70m) | 282,519.983 | 184,500.277 |                                         |
|         | CBB-18 | 4+800.00(좌24.65m) | 282,705.398 | 185,200.638 |                                         |

| 구분     | 구번     | STA               | X           | Y           | 설명 |
|--------|--------|-------------------|-------------|-------------|----|
| 본 선 구간 | CBB-19 | 4+804.44(우38.95m) | 282,644.283 | 185,218.792 |    |
|        | CBB-20 | 4+993.80(좌17.98m) | 282,741.003 | 185,391.258 |    |
|        | CBB-21 | 4+982.21(우26.79m) | 282,694.169 | 185,389.606 |    |
|        | CBB-22 | 5+219.11(좌9.40m)  | 282,781.593 | 185,613.049 |    |
|        | CBB-23 | 5+203.41(우31.83m) | 282,737.935 | 185,606.678 |    |
|        | CBB-24 | 5+313.56(좌40.03m) | 282,837.865 | 185,697.276 |    |
|        | CBB-25 | 5+646.27(우15.14m) | 282,842.212 | 186,035.614 |    |
|        | CBB-26 | 5+769.12(좌26.95m) | 282,899.268 | 186,152.708 |    |
|        | CBB-27 | 5+771.33(우30.67)  | 282,842.181 | 186,160.680 |    |
|        | CBB-28 | 시추점가              |             |             |    |
|        | CBB-29 | 6+104.79(우35.30m) | 282,853.333 | 186,490.349 |    |
|        | CBB-30 | 6+216.64(좌39.26m) | 282,924.901 | 186,604.192 |    |
|        | CBB-31 | 6+190.79(우9.39m)  | 282,877.374 | 186,576.252 |    |
|        | CBB-32 | 7+177.27(좌25.75m) | 282,714.889 | 187,548.103 |    |
|        | CBB-33 | 7+091.30(우38.83m) | 282,683.791 | 187,445.347 |    |
|        | CBB-34 | 시추점가              |             |             |    |
|        | CBB-35 | 시추점가              |             |             |    |
|        | CBB-36 | 시추점가              |             |             |    |
|        | CBB-37 | 8+127.91(좌16.17m) | 282,230.008 | 188,368.900 |    |
|        | CBB-38 | 8+132.64(우29.82m) | 282,191.349 | 188,343.540 |    |
|        | CBB-39 | 8+659.13(좌20.78m) | 281,867.303 | 188,775.450 |    |
|        | CBB-40 | 8+677.54(우25.93m) | 281,839.062 | 188,758.548 |    |
|        | CBB-41 | 9+033.14(우34.76m) | 281,588.008 | 189,037.588 |    |
|        | CBB-42 | 시추점가              |             |             |    |
|        | CBB-43 | 9+676.02(좌41.10m) | 281,238.688 | 189,558.987 |    |
|        | CBB-44 | 9+668.78(우38.64m) | 281,183.071 | 189,501.379 |    |
|        | CBB-45 | 시추점가              |             |             |    |
|        | CBB-46 | 9+926.46(우45.57m) | 281,009.572 | 189,892.027 |    |
| 별 본 구간 | RCBB-1 | 0+246.23(좌20.04m) | 282,487.486 | 183,063.957 |    |
|        | RCBB-2 | 0+360.23(우4.61m)  | 282,373.617 | 182,825.716 |    |
|        | RCBB-3 | 1+642.21(우15.78m) | 281,272.049 | 189,662.934 |    |
|        | RCBB-4 | 0+198.41(우31.41m) | 281,182.170 | 189,474.097 |    |
|        | RCBB-5 | 1+237.41(우9.68m)  | 280,867.466 | 189,603.369 |    |

• 약기주 개소단 2개소 이상 수평  
• 약기주단 최대 절토고 선형

11

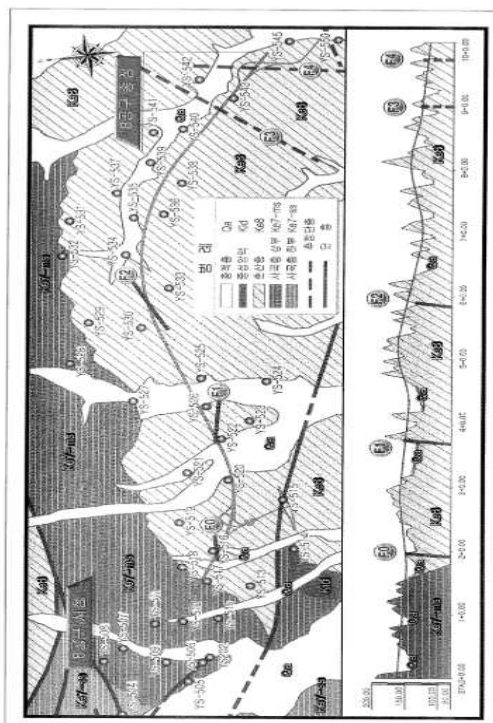
- 설계 및 시공에 영향을 주는 지반의 여러 특성을 등급에 따라 구분하여 조사, 설계 시공에 이르는 과정에 걸쳐 일관성 있는 기준 제시
- 암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 녹색)에 담(연한)과 암(진한)의 명암 및 혼색에 대한 접두어를 사용

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 일반 분류 | • 한국도로공사, 절도청, 한국기술교육원 및 서울지하철 분류기준에 따라 풍화도, 풍화암, 연암, 보통암 및 결합암으로 분류하고 터널구간은 Rock Type으로 표시하고 RMR 및 Q 분류에 의해 암반을 분류하고 분석을 수행함                                                                                                                                            |
| 기재 방법 | • 암석의 풍화상태, 불연속면의 간격 : 강도 및 암질표시는 ISRM(국제암반학회)의 분류 방법에 의거 분류<br>• 조사과정에서 최수원 시추코어를 암석시험 및 육안관찰하여 American Institute of Professional Geologist에서 제시한 "공학적 목적을 위한 암석시료의 채취방법 및 시추주상도 작성방법"에 의거하여 시추주상도를 작성                                                                 |
| 기술 내용 | • 색, 불연속면의 간격과 상태, 풍화상태, 강도, 암석명 등을 기록함<br>• 색 : 암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 녹색)에 담(연한), 암(진한)의 명암 및 혼색의 서술을 붙여 사용함<br>• 절도, 풍화상태, 파쇄강도는 암석분류 기준에 의거하여 분류<br>• 시추주상도에는 암석명, N지, RQD, 시추작업자, 주상도 작업자, 주상도 검토자, 프락터 수 및 불연속면 특성에 관한 중요지표(절리면의 풍화상태, 강도, 간격, 절사, 거칠기 등) 등을 자세하게 기재함 |

| 표준<br>단위 | 암질                                                 | 특<br>징                                               | RMR    | Q값      | 탄성파<br>속도<br>(km/s) | 압축강도<br>(MPa) | 크<br>아<br>비율<br>(%) |
|----------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------|---------|---------------------|---------------|---------------------|
| I        | 경암                                                 | 인장성이 있고 풍화, 변형 및 물리적, 화학적 영향을 거의 받지 않은 신선한 내곡상의 암질   | 100~81 | 60이상    | 3.4이상               | 100 이상        | 90이상                |
| II       | 보통암                                                | 균질 및 절리가 다소 발달되어 있으며 일반적으로 절리가 존재하는 중상의 암질           | 80~61  | 5.8~60  | 2.6~3.4             | 80~100        | 70~90               |
| III      | 연암                                                 | 층리, 절리 및 절리 등이 매우 발달된 상태이며, 파쇄대가 존재하는 소곡상의 암질        | 60~41  | 0.6~5.8 | 1.8~2.6             | 60~80         | 40~70               |
| IV       | 풍화암                                                | 물리적, 화학적 영향으로 파쇄대가 매우 발달되고 절리가 불규칙으로 발달된 파쇄상의 풍화된 암질 | 40~21  | 0.1~0.6 | 0.99~1.8            | 25~60         | 40이하                |
| V        | 풍화작용이 심하고 일부가 포화화된 상태이며, 매우 쉽게 부서지고 쉽게 떨어질 수 있는 암질 |                                                      | 20이하   | 0.1이하   | 0.99이하              | 25 이하         | -                   |

21

제 3 장 지질도



## 8.1. 광역 지표지질조사

## 8.1.1. 지질개요

- 광역구간은 백악기 경상분지의 주로 산동층과 하양층군이 분포하는 의성소분지의 동남부에 위치한다. 경상분지는 처음에는 일본의 북구주지방과 중국, 대만에 분포하는 퇴적분지를 총칭하여 대만도분지로 불려왔다. 그 후 1961년 원광원은 수차례 조사결과 경상층군이 구조상으로 분지형을 이루고 있으므로 경상분지라고 명명하였다. 경상분지의 분지는 남북방향인 장축이 200km, 동서단축이 120km, 종면적이 24,000km<sup>2</sup>에 달한다. 경상분지는 조선운동에 의해 형성된 3개의 소분지로 구성되어 있고, 이들은 다시 여러 개의 단층대에 의해 파괴되어 있다(그림 1).



그림 1. 경상분지와 소분지 분포

- 경상분지는 암상 및 지구구조에 의해 몇 개의 소분지로 구분된다. 분지서쪽에 남북방향의 대상으로 발달하는 나동소분지, 분지 최북단의 일원산 중상단층(thrust)과 평송령 사이에 발달하는 평양소분지, 안동 중상단층 및 평송령과 평공산 융기대 사이에 발달하는 의성(도재)소분지, 그리고 평공산 융기대 이남지역에 발달하는 유천(밀양)소분지로 나누어진다(그림 1).
- 경상분지의 서쪽과 북쪽에서는 경상층군이 선캄브리아기에 속하는 변질퇴적암류와 규리암의 대로와 강암류를 부정합으로 덮고 있고, 동부와 남부는 백악기말의 화성활동과 단층작용으로 심하게 파괴되었으며, 제3기운동에 의해 부정합으로 파괴되거나 동해 및 남해의 해저로 계속 발달되어 있다(그림 2).

## 47.2.3 점검 및 진단 이력

본 비탈면은 2017년 6월 준공이후 기준에 따라 17회(정밀안전점검 3회, 정기안전점검 13회, 2종 성능평가 1회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 47.3】 점검 및 진단 이력

| 번호 | 점검구분                         | 점검<br>기관명      | 비용<br>(천원) | 주요 점검결과                                                                                                                                 |
|----|------------------------------|----------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 점검기간                         | 책임<br>기술자      | 안전<br>등급   | 주요 보수보강(안)                                                                                                                              |
| 1  | 정기안전점검<br>(하반기)              | (주)명성<br>엔지니어링 | 300        | 영천절토1 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다. |
|    | 2017. 11. 13<br>2017. 12. 28 | 인승철            | 양호         | 균열보수                                                                                                                                    |
| 2  | 정기안전점검<br>(상반기)              | (주)명성<br>엔지니어링 | 275        | 영천절토1 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다. |
|    | 2018. 05. 28<br>2018. 06. 30 | 인승철            | 양호         | -                                                                                                                                       |
| 3  | 정기안전점검<br>(하반기)              | (주)명성<br>엔지니어링 | 275        | 영천절토1 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다. |
|    | 2018. 10. 23<br>2018. 12. 31 | 인승철            | 양호         | 균열보수                                                                                                                                    |
| 4  | 정기안전점검<br>(상반기)              | (주)명성<br>엔지니어링 | 275        | 영천절토1 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다. |
|    | 2019. 03. 18<br>2019. 05. 28 | 인승철            | 양호         | 균열보수                                                                                                                                    |

| 번호 | 점검구분                         | 점검<br>기관명      | 비용<br>(천원) | 주요 점검결과                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------|----------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 점검기간                         | 책임<br>기술자      | 안전<br>등급   | 주요 보수보강(안)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5  | 정밀안전점검                       | (주)명성<br>엔지니어링 | 560        | 본 사면에 대한 정밀안전점검 결과, 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태인 "B" 등급의 양호한 상태로 평가되었다.<br>사면 식생공이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 신선함(Fresh)~보통풍화(MW) 정도이다. 사면 중·상단에 관목류가 일부 서식하고 있는 상태이다. 사면 전반적으로 식생상태가 양호~보통인 것으로 조사되었다. 계곡부는 2개소가 조사되었고, 하절기 강우시 주의관찰이 필요하다. 1.280k 사면부 임시보수부는 계곡부 부근에 발생한 손상으로 우수에 영향을 받을 수 있으므로, 주의관찰 후 조치가 필요하다. 소단배수로 및 산마루측구에 중·횡방향 균열이 일부 조사되었으나, 배수기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다. |
|    | 2019. 09. 16<br>2019. 12. 27 | 장진원            | B          | 균열보수, 주의관찰                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 6  | 정기안전점검<br>(상반기)              | (주)명성<br>엔지니어링 | 470        | 영천절토1 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열이 발생한 것으로 조사되었다. 또한 기존 임시보수부의 경우 표층유실이 발생된 것으로 확인되었으며, 하절기 강우시 손상의 진전이 우려되므로 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다. 그 외 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.                                                                                                                                                                                                                                             |
|    | 2020. 05. 12<br>2020. 06. 30 | 인승철            | 양호         | 균열보수, 주의관찰                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 7  | 정기안전점검<br>(하반기)              | (주)명성<br>엔지니어링 | 470        | 영천절토1 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열이 발생한 것으로 조사되었다. 또한 기존 임시보수부의 경우 표층유실이 발생된 것으로 확인되었으며, 하절기 강우시 손상의 진전이 우려되므로 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다. 그 외 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.                                                                                                                                                                                                                                            |
|    | 2020. 08. 31<br>2020. 12. 31 | 인승철            | 양호         | 균열보수, 주의관찰                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

| 번호 | 점검구분                         | 점검<br>기관명      | 비용<br>(천원) | 주요 점검결과                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|------------------------------|----------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 점검기간                         | 책임<br>기술자      | 안전<br>등급   | 주요 보수보강(안)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8  | 2종<br>성능평가                   | (주)명성<br>엔지니어링 | 1,577      | <p>안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였음. 상태안전성능평가 결과, 불연속면의 특성 및 지반 변형상태 등은 양호한 것으로 확인되었고, 상태안전성능평가 결과 A등급으로 평가됨. 일부 구간에서 소단배수로 균열, 산마루측구 균열이 조사되었으나, 현재 손상 상태는 경미한 결함으로 시설물의 안전성에 미치는 영향은 매우 미소한 상태임. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급으로 평가됨.</p> <p>내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 비탈면의 절리상태 및 표면 보호상태에 대한 평가를 시행하였음. 그 결과 외부 환경조건 등으로 인한 내구성능 저하가 발생할 가능성이 낮은 성능 수준인 B등급으로 평가됨. 안전성능평가, 내구성능평가 결과를 종합적으로 분석할 때, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가됨.</p> <p>본 절토사면의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급" 이상인 "A등급"인 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단됨.</p> |
|    | 2020. 08. 31<br>2020. 12. 31 | 인승철            | A          | 균열보수, 주의관찰                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | 정기안전점검<br>(상반기)              | (주)명성<br>엔지니어링 | 470        | <p>영천절토 01 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열이 발생한 것으로 조사되었다. 또한 기존 임시보수부의 경우 표층유실이 발생된 것으로 확인되었으며, 하절기 강우시 손상의 진전이 우려되므로 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다. 그 외 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | 2021. 03. 08<br>2021. 06. 07 | 장진원            | 양호         | 균열보수, 주의관찰                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| 번호 | 점검구분                         | 점검<br>기관명      | 비용<br>(천원) | 주요 점검결과                              |
|----|------------------------------|----------------|------------|--------------------------------------|
|    | 점검기간                         | 책임<br>기술자      | 안전<br>등급   | 주요 보수보강(안)                           |
| 10 | 정밀안전점검                       | (주)명성<br>엔지니어링 | 672        | - 표층유실 임시보수<br>- 배수시설 균열             |
|    | 2021. 08. 25<br>2021. 12. 10 | 장진원            | B          | - 균열보수, 주의관찰                         |
| 11 | 정기안전점검<br>(상반기)              | (주)명성<br>엔지니어링 | 350        | - 사면부 표층유실 임시보수<br>- 배수시설 균열         |
|    | 2022. 05. 16<br>2022. 06. 24 | 정지운            | 양호         | - 균열보수, 주의관찰                         |
| 12 | 정기안전점검<br>(하반기)              | (주)명성<br>엔지니어링 | 350        | - 사면부 표층유실 임시보수<br>- 배수시설 균열         |
|    | 2022. 09. 19<br>2022. 11. 18 | 이상훈            | 양호         | - 균열보수, 주의관찰                         |
| 13 | 정기안전점검<br>(상반기)              | (주)명성<br>엔지니어링 | 350        | - 배수시설 균열                            |
|    | 2023. 04. 03<br>2023. 06. 30 | 정지운            | 양호         | - 균열보수, 주의관찰                         |
| 14 | 정밀안전점검                       | (주)명성<br>엔지니어링 | 985        | - 표층유실 임시보수<br>- 배수시설 균열             |
|    | 2023. 07. 03<br>2023. 12. 08 | 이상훈            | B          | - 개비온, 균열보수, 주의관찰                    |
| 15 | 정기안전점검<br>(상반기)              | (주)명성<br>엔지니어링 | 350        | - 표층유실 임시보수<br>- 배수시설 균열             |
|    | 2024. 06. 10<br>2024. 06. 28 | 정지운            | 양호         | - 균열보수, 지속관찰                         |
| 16 | 정기안전점검<br>(상반기)              | (주)명성<br>엔지니어링 | 350        | - 개비온 설치<br>- 배수시설 균열                |
|    | 2024. 09. 23<br>2024. 12. 03 | 정지운            | 양호         | - 균열보수, 지속관찰                         |
| 17 | 정기안전점검<br>(상반기)              | (주)명성<br>엔지니어링 | 350        | - 개비온 설치<br>- 사면하부 낙석퇴적<br>- 배수시설 균열 |
|    | 2025. 03. 24<br>2025. 06. 18 | 정지운            | 양호         | - 균열보수, 지속관찰                         |

## 47.2.4 보수·보강이력

본 절토사면은 2017년 06월에 준공되어 현재 FMS(시설물정보종합관리시스템)에 등록된 보수·보강실적은 없으나, 시설물의 하자보수를 실시한 것이 확인되었다.

【표 47.4】 보수·보강이력

| 번호 | 공사명  | 공사구분 | 보수보강부위   | 시공자     |
|----|------|------|----------|---------|
|    | 공사기간 |      | 공사내역     | 공사비(천원) |
| 1  | 일상보수 | 보수   | 배수로      | -       |
|    | -    |      | 균열보수(하자) | -       |

## 47.2.5 내진설계 적용 여부

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

【표 47.5】 내진 설계 적용 여부

| 적용유무                                                                                                                                                                                                                                                                    | 내진설계 | 비고 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|
| <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; margin-right: 10px;">유</div> <div> <p>·내진등급 : 내진 I등급 (고속도로)</p> <p>·지진구역계수 : 0.11 (경상북도)</p> <p>·위험도계수 : 1.4 (재현주기 1000년)</p> <p>·가속도계수 : 0.154 (0.11 × 1.4)</p> </div> </div> |      |    |

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

(7) 뚝기 9구간



평면도

점도구간(STA) : 5+131 ~ 5+391    연장 : 260m

지반 특성

· 구성암석 : 나질암

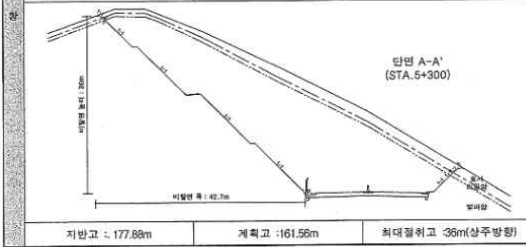
· 지층구분

| 지층  | 층두께(m)    | 지층구분         | NAI(TCR/ROD) |
|-----|-----------|--------------|--------------|
| 충화암 | 0.8~2.5   | 실트질모래, 실트질점토 | 17/30~50/16  |
| 충화암 | 0.7       | 나질암의 충화암     | 5/5          |
| 면암  | 4.6~8.0   | 나질암          | 89~100/3~44  |
| 경암  | 17.0~31.5 | 나질암          | 100/61~100   |

· 주물연속면 : J<sub>1</sub>06/194, J<sub>2</sub>74/346, J<sub>3</sub>51/212, J<sub>4</sub>89/271

· 비탈면 경사/경사방향 : 45/347(경천방향), 45/167(상주방향)

앞면 비탈면 대표형단면(Station : 5+300)



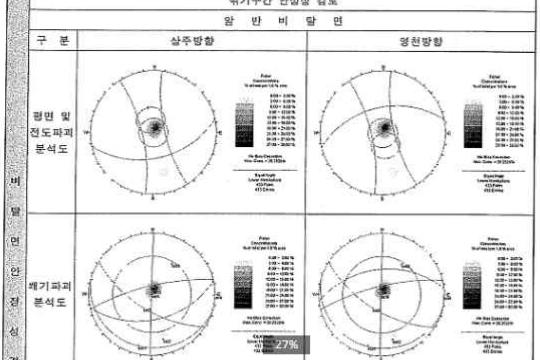
단면 A-A' (STA. 5+300)

지반고 : 177.88m    계획고 : 161.56m    최대절취고 : 36m(상주방향)

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

뚝기 구간 안정성 검토

구분 : 상주방향    평면방향



평면 및 전도파괴 분석도

뚝기 파괴 분석도

평면 방향 안전율 : 2.7%

경사 두 방향 해석

| 구분    | 상주방향 |    |    | 평면방향 |    |    |
|-------|------|----|----|------|----|----|
|       | 평면   | 전도 | 궤기 | 평면   | 전도 | 궤기 |
| 1:1.0 | 안정   | 안정 | 안정 | 안정   | 안정 | 안정 |

안 계 평 절 해 석

| 구분    | 상주방향 |      | 평면방향 |      |
|-------|------|------|------|------|
|       | 평면파괴 | 궤기파괴 | 평면파괴 | 궤기파괴 |
| 1:1.0 | 건기   | 우기   | 건기   | 우기   |
| 1:1.0 | -    | -    | -    | -    |

평가 : 앞면비탈면 평사두영 해석결과 상주방향과 평면방향 모두 평면파괴, 전도파괴 및 궤기파괴 가능 상 있음

(a) 구조계산서

(b) 구조계산서

### 47.2.6 시설물의 용도변경 여부 확인

본 절토사면은 FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

### 47.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가시 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

【표 47.6】 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

| 구 분              | 자료 분석 결과                                                                                                                | 성능평가 방향                                                                                                                                      |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 설계도서             | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 준공도서 유지관리중</li> <li>○ 위치도, 횡단면도 등 파악 가능</li> <li>○ 원지반 상태 파악 가능</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득</li> <li>○ 설계도면과 현재 제원 비교</li> </ul>                                      |
| 시설물 관리대장         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기본현황, 상세제원 확인 가능</li> <li>○ 유지관리 이력 파악</li> <li>○ 시설물 준공 후 최초의 성능평가</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현장조사를 위한 기초자료로 활용</li> <li>○ 준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사 시 필요에 따라 보수·보강방안 수립</li> </ul> |
| 안전점검 및 정밀안전진단 자료 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었으며, 전반적으로 양호한 상태임.</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사면파괴징후에 대한 면밀한 조사</li> <li>○ 필요시 보수·보수·보강방안 수립</li> <li>○ 시설물 특성을 고려한 적절한 유지관리방안 제시</li> </ul>      |
| 보수·보강 자료         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유지관리 이력상 사면 기붕괴구간에 대한 슛크리트가 시공됨.</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 슛크리트 상태 조사</li> </ul>                                                                               |
| 유지관리 전략 제언       | -                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행</li> <li>○ 성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제언</li> </ul>             |

## 47.3 현장조사

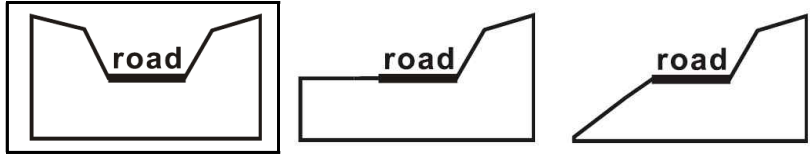
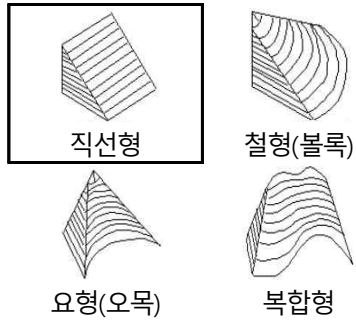
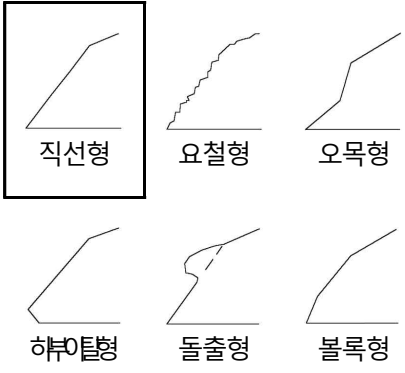
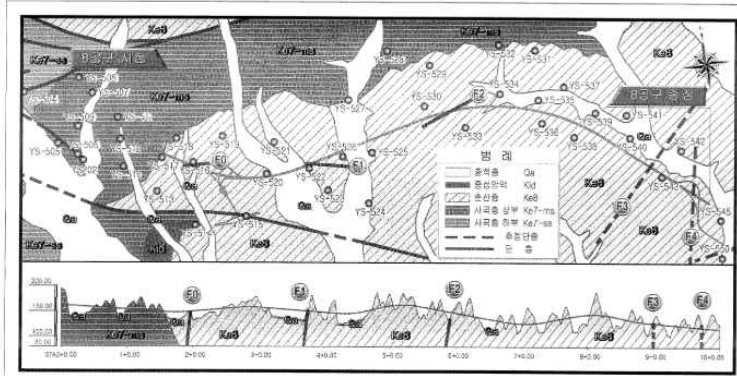
## 47.3.1 현장조사 체크리스트

관리주체에서 수집된 시설물 유지관리 자료를 참조로 하여 현장답사 및 기초 자료를 조사한 결과는 다음과 같다.

【표 47.7】 일반현황

|              |                                 |  |                                |               |          |
|--------------|---------------------------------|--|--------------------------------|---------------|----------|
| 조사일자         | 2025. 10. 02                    |  | 조 사 자                          | 정 지 운         |          |
| 일 기          | 맑음                              |  | 준공년도                           | 2017년 06월 27일 |          |
| 행정구역         | 경상북도 영천시 화산면 화산리                |  |                                |               |          |
| 위 경 도        | 시점 : 36° 02'44.0" 128° 50'34.0" |  |                                |               |          |
|              | 종점 : 36° 02'42.0" 128° 50'25.0" |  |                                |               |          |
| 도 로          | 관리이정 : 70.498~70.778km          |  |                                |               |          |
|              | 왕복 4차선                          |  | 도로폭 : 20.0m                    |               |          |
|              | 교통량 : 대/일                       |  |                                |               |          |
| 절토사면         | 길 이 : 280.0m                    |  | 높 이 : 42.0m                    |               |          |
|              | 경 사/경사방향 : 45/167               |  |                                |               |          |
|              | 도로와의 이격거리 : 0.5~1.0m            |  |                                |               |          |
|              | 구성물질 : 암반                       |  | 토층심도 : 약 1.0~3.0m              |               |          |
|              | 소 단 : 4                         |  |                                |               |          |
| 낙석/뜯돌        | 낙석 존재유무 : 없음                    |  | 낙석의 양 : -                      |               |          |
|              | 낙석 평균크기 : -                     |  |                                |               |          |
|              | 낙석 최대크기 : -                     |  |                                |               |          |
|              | 뜯돌 존재유무 : 없음                    |  | 뜯돌의 양 : -                      |               |          |
|              | 뜯돌 평균크기 : -                     |  |                                |               |          |
| 절토사면<br>시공현황 | 뜯돌 최대크기 : -                     |  |                                |               |          |
|              | 종 류                             |  | 위 치                            |               | 상 태      |
|              | 산마루 측구                          |  | 70.758~70.778k                 |               | 균열, 재료분리 |
|              | 소단배수로                           |  | 70.628~70.758k                 |               | 균열, 토사퇴적 |
|              | 낙석방지울타리                         |  | 70.598~70.758k                 |               | 양호       |
|              | 야생동물유도울타리                       |  | 70.498~70.598k, 70.758~70.778k |               | 양호       |
| 붕괴이력         | 점검용 계단                          |  | 70.678k                        |               | 양호       |
|              | 유 형                             |  | 규 모                            |               | 위 치      |
|              |                                 |  |                                |               |          |
| 기 타          |                                 |  |                                |               |          |
|              | .                               |  |                                |               |          |

【표 47.8】 지형·지질 및 식생

|             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                    |                       |                                                                                    |  |  |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 주변지형의<br>특성 | 주변 지형                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 산악지형                                                                               |                       |                                                                                    |  |  |
|             | 종단면 형상                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |                       |                                                                                    |  |  |
|             | 기타 특징                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | -                                                                                  |                       |                                                                                    |  |  |
| 절토사면의<br>특성 | 종<br>횡<br>단<br>면                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                    | 종<br>단<br>면<br>특<br>성 |  |  |  |
|             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                    |                       |                                                                                    |  |  |
| 상부<br>자연사면  | 경 사 도                                                                                | 0~10°                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                    |                       |                                                                                    |  |  |
|             | 인장균열                                                                                 | 무                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                    |                       |                                                                                    |  |  |
|             | 포행흔적                                                                                 | 무                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                    |                       |                                                                                    |  |  |
|             | 수목의 기울어짐                                                                             | 무                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                    |                       |                                                                                    |  |  |
|             | 인공구조물                                                                                | 무                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                    |                       |                                                                                    |  |  |
|             | 산마루측구                                                                                | 무                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                    |                       |                                                                                    |  |  |
|             | 계곡부                                                                                  | 무                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                    |                       |                                                                                    |  |  |
| 지 질         |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                    |                       |                                                                                    |  |  |
|             | 지질각론                                                                                 | <p>과업구간은 백악기 경상분자의 주로 신동층과 하양층군이 분포하는 의성소분지의동남부에 위치한다. 경상분지는 처음에는 일본의 북구주지방과 중국, 대마도에 분포하는 퇴적분지를 총괄하여 대마도분지로 불려왔다. 그 후 1961년 원정관은 수차례 조사결과 경상누층군이 구조상으로 분지형을 이루고 있으므로 경상분지라고 명명하였다. 경상분지의 분포는 남북방향인 장축이 200km, 동서단축이 120km, 총 면적이 24,000km<sup>2</sup>에 달한다. 경상분지는 조산운동에 의해 형성된 3개의 소분지로 구성되어 있고, 이들은 다시 여러개의 단층계에 의해 파괴되어 있다.</p> |                                                                                    |                       |                                                                                    |  |  |
| 식 생         | ① 종 류                                                                                | 초 본                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 관 목                                                                                | 침 업 수                 | 활 업 수                                                                              |  |  |
|             | ② 밀 도                                                                                | 하                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | -                                                                                  | -                     | -                                                                                  |  |  |
|             | ③ 근계특징                                                                               | 천근성 ( O ), 심근성 ( )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                    |                       |                                                                                    |  |  |

【표 47.9】 기초조사 자료

|             |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 일반현황        | 거리표            | 상주절토47                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |             |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|             | 위경도            | 시점 : 36° 02'44.0" 128° 50'34.0"<br>종점 : 36° 02'42.0" 128° 50'25.0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |             |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|             | 차선             | 왕복 ( 4 ) 차선                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|             | 조사일자           | 2025년 10월 02일                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|             | 조사자            | 정 지 운                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 조사기관        | (주)명성엔지니어링                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 절토사면<br>특 성 | 길이             | 280m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 최대높이        | 42.0m                                                                                                                                                                                                                                                          |
|             | 경사             | 45°                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 상부경사        | 0~10°                                                                                                                                                                                                                                                          |
|             | 이격거리           | 평균 1.0~2.0m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 소단          | 4개소                                                                                                                                                                                                                                                            |
|             | 종류             | <input checked="" type="checkbox"/> 암반 <input type="checkbox"/> 혼합<br><input type="checkbox"/> 토사 <input type="checkbox"/> 자연                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 주변지형        | <input checked="" type="checkbox"/> 산악 <input type="checkbox"/> 준산악<br><input type="checkbox"/> 구릉 <input type="checkbox"/> 평 지                                                                                                                                |
|             | 지하수            | <input checked="" type="checkbox"/> C.dry <input type="checkbox"/> damp<br><input type="checkbox"/> wet <input type="checkbox"/> dripping<br><input type="checkbox"/> flowing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 누수위치        | <input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 하<br><input type="checkbox"/> 좌 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 우                                                                                           |
|             | 풍화도            | <input type="checkbox"/> F <input checked="" type="checkbox"/> S <input checked="" type="checkbox"/> M<br><input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> R                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 불연속면<br>방향성 | <input type="checkbox"/> 일치 <input type="checkbox"/> 평행<br><input checked="" type="checkbox"/> 후방 <input type="checkbox"/> 불가                                                                                                                                  |
|             | 사면형상           | <input checked="" type="checkbox"/> 직선형 <input type="checkbox"/> 절형<br><input type="checkbox"/> 요형 <input type="checkbox"/> 파형                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 측면형상        | <input checked="" type="checkbox"/> 직선형 <input type="checkbox"/> 요절형<br><input type="checkbox"/> 탈락형 <input type="checkbox"/> 돌출형                                                                                                                              |
|             | 계곡부            | 없음                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 붕괴이력        | <input type="checkbox"/> 유(영향) <input type="checkbox"/> 낙석<br><input type="checkbox"/> 유(미영향) <input checked="" type="checkbox"/> 무                                                                                                                            |
|             | 튼돌             | <input type="checkbox"/> 대 <input type="checkbox"/> 중<br><input type="checkbox"/> 소 <input checked="" type="checkbox"/> 무                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 낙석          | <input type="checkbox"/> 대 <input type="checkbox"/> 중<br><input type="checkbox"/> 소 <input checked="" type="checkbox"/> 무                                                                                                                                      |
|             | 암종             | 사암 및 세일                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 토층심도        | 1.0~3.0m                                                                                                                                                                                                                                                       |
|             | 암반형태           | <input type="checkbox"/> massive<br><input type="checkbox"/> tabular<br><input type="checkbox"/> columnar<br><input type="checkbox"/> irregular<br><input checked="" type="checkbox"/> blocky<br><input type="checkbox"/> crushed                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 불연속면        | <input checked="" type="checkbox"/> 절리 <input checked="" type="checkbox"/> 층리<br><input type="checkbox"/> 엽리 <input type="checkbox"/> 균열<br><input type="checkbox"/> 단층 <input type="checkbox"/> 전단대<br><input type="checkbox"/> 암맥 <input type="checkbox"/> 무 |
|             | 시공현황<br>(상태)   | <input checked="" type="checkbox"/> 식생공(양호) <input checked="" type="checkbox"/> 낙석방지망(양호)<br><input type="checkbox"/> 옹벽 <input checked="" type="checkbox"/> 낙석방지울타리(양호)<br><input type="checkbox"/> 격자블럭 <input checked="" type="checkbox"/> 배수로(보통)<br><input checked="" type="checkbox"/> 점검로(양호) <input type="checkbox"/> 기타                                                                                                                                                                                                    |             |                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 조사자<br>소 건  | 위험도            | <input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input checked="" type="checkbox"/> 하                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 피해도         | <input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input checked="" type="checkbox"/> 하                                                                                                                                                                    |
|             | 붕괴 유형          | <input type="checkbox"/> 심층 <input type="checkbox"/> 표층 <input checked="" type="checkbox"/> 무                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 위험등급        | <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C<br><input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E                                                                                                           |
|             | 위험구간<br>(붕괴유형) | <input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 하 / <input type="checkbox"/> 좌 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 우 (   )<br><input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 하 / <input type="checkbox"/> 좌 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 우 (   )<br><input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 하 / <input type="checkbox"/> 좌 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 우 (   ) |             |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|             | 필요 주공법         | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 조치          | <input type="checkbox"/> 응급 <input checked="" type="checkbox"/> 미응급                                                                                                                                                                                            |
|             | 기타             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |                                                                                                                                                                                                                                                                |

## 47.3.2 사면분류 및 구간분할

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관 조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다. 또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대 시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

## 가. 시설물 일반 현황

본 과업 대상 시설물은 상주영천고속도로 70.498~70.778km에 위치하고 있으며, 길이는 280m, 높이 42.0m의 절토사면으로 시설물 안전법상 2종 시설물로 분류된 시설이다.

## 나. 절토사면의 분류

토층심도 깊이측정을 위한 자료는 준공도서 표준 횡단면도를 참고하여 작성하였고, 블록 크기 측정을 위한 절리간격은 사면특성 조사 시 각 구간에 위치하는 절리군의 평균 간격을 측정하였다.

【표 47.10】 절토비탈면 분류

(MPa=10.2kg/cm<sup>2</sup>)

| 구 분 |           | 분류<br>기준 | 평가점수                                                                                        | 비탈면종류        |            |
|-----|-----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|
|     |           |          |                                                                                             | 세부분류         | 종합분류       |
| 1구간 | 토층<br>심도율 | 0.4      | $\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{3.0}{42.0} = 0.07$ 로 0.4미만                       | 암반사면         | 파쇄<br>암반사면 |
|     | 압축강도      | 10MPa    | 반발경도측정결과 106.8~114.7MPa으로 10MPa이상                                                           | 파쇄암반<br>절리암반 |            |
|     | 블록크기      | 0.01     | $I_b = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{3} = 0.2, \frac{I_b}{H} = \frac{0.2}{42.0} = 0.004$ 로 0.01이하 | 파쇄암반         |            |
| 2구간 | 토층<br>심도율 | 0.4      | $\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{3.0}{42.0} = 0.07$ 로 0.4미만                       | 암반사면         | 파쇄<br>암반사면 |
|     | 압축강도      | 10MPa    | 반발경도측정결과 108.7~112.2MPa으로 10MPa이상                                                           | 파쇄암반<br>절리암반 |            |
|     | 블록크기      | 0.01     | $I_b = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{3} = 0.2, \frac{I_b}{H} = \frac{0.2}{42.0} = 0.004$ 로 0.01이하 | 파쇄암반         |            |

※토층심도율이 0.2~0.4일 경우, 혼합사면으로 규정하여 토사사면과 암반사면의 특성을 모두 고려

| 구분  | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> | I <sub>b</sub> | H    | 블록크기비(BR) |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|------|-----------|
| 1구간 | 0.21           | 0.20           | 0.19           | 0.20           | 42.0 | 0.004     |
| 2구간 | 0.20           | 0.19           | 0.20           | 0.20           | 42.0 | 0.004     |

다. 비탈면 구간 분할

본 사면은 연장이 280m로써, 사면의 구간분할 기준인

- 1) 사면의 구성재료(토사, 연약암반, 파쇄암반, 절리암반)가 변화할 경우
- 2) 사면의 경사방향이 40°이상 변화할 경우
- 3) 동일 구간의 연장이 200m 이상일 경우

현장조사, 재료시험 및 상태평가는 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2024. 12, 국토교통부, 국토안전관리원), 지형특성, 절토사면 시공현황, 사면의 유지관리 및 점검시 외 관조사망도 직관성(상주기점 가까운 쪽을 1구간) 등을 종합적으로 고려하여 다음 표와 같이 2개의 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

【표 47.11】 비탈면 구간 분할

| 구 분 | 관리이정(k)       | 연 장(m) | 높 이(m) | 경사/경사방향 | 토층심도     | 구성물질 |
|-----|---------------|--------|--------|---------|----------|------|
| 1구간 | 70.498~70.678 | 180.0  | 42.0   | 45/167  | 1.0~3.0m | 암    |
| 2구간 | 70.678~70.778 | 100.0  | 42.0   | 45/167  | 1.0~3.0m | 암    |



## 47.3.3 상태안전성능 조사

## 가. 집수지형

집수지형에 대한 평가는 시·종점부, 요철지형 등 지표수가 직·간접적으로 비탈면에 유입되는 지형에 대한 평가로서 외부와 내부로 구분하여 분석하였다.

비탈면 외부 지형조건은 상부 자연사면이 상향 -0~10°경사를 이루고 있는 것으로 조사되었다. 사면 외부 집수지형에 대한 분석 결과, 강우시 소단배수로 및 산마루측구, 수직도수로로 배수되며, 상단부는 자연사면을 통한 자연배수 형태이다.

사면내 기울기 및 경사방향 변화로 인한 사면내 오목한 지형 발생으로 인한 집수지형은 없는 상태이며, 계곡부 또한 존재하지 않는 것으로 확인되었다.

【표 47.12】 집수 지형 조사 결과

| 구 분  |    | 손상 내용   | 단위 | 손상수량<br>(개소 / 수량) | 손상 원인 | 비 고 |
|------|----|---------|----|-------------------|-------|-----|
| 집수지형 | 외부 | 시·종점부   | EA | -                 | -     |     |
|      |    | 계곡부     | EA | -                 | -     |     |
|      | 내부 | 집수지형 없음 | EA | -                 | -     |     |

## 나. 불안정 지질

불안정 지질은 절토사면에 분포하는 단층 및 전단대, 파쇄대, 습곡, 암맥 등 주변의 암반과 구성이 다르거나 특정 부분을 중심으로 균열이 집중적으로 발달하여 사면에 작용하는 불안정 요인으로 작용하는 지질 분포규모 및 상태를 평가하는 항목이다.

본 비탈면은 표면보호공으로 식생이 분포하여 전체 사면에 대한 불안정 지질 여부를 평가하기 곤란하여 부분적으로 원지반이 노출된 구간에 대해서 한정적으로 조사하였다.

그 결과 부분적으로 절리가 관찰되며, 약한풍화~심한풍화 상태를 보이고 있는 것으로 분석되었다.

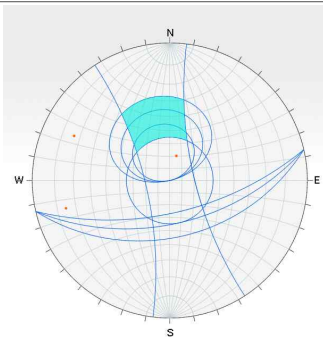
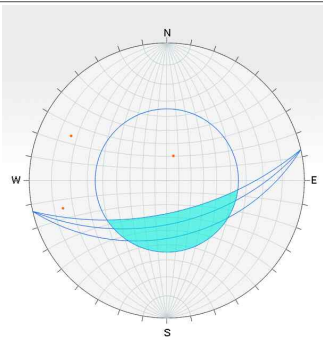
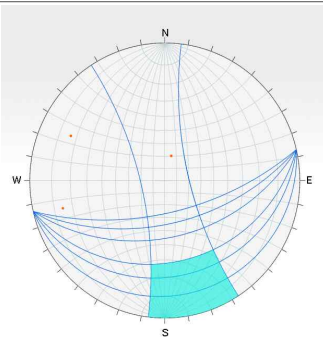
【표 47.13】 불안정 지질 조사 결과

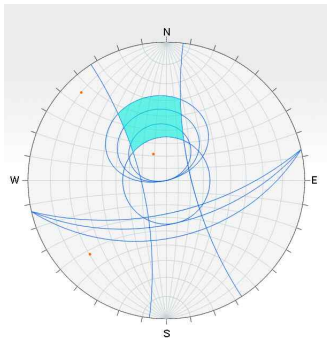
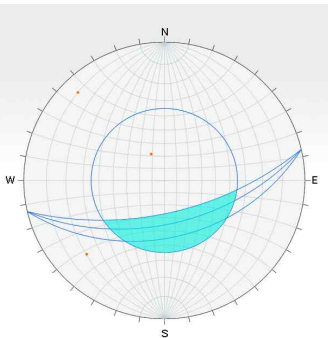
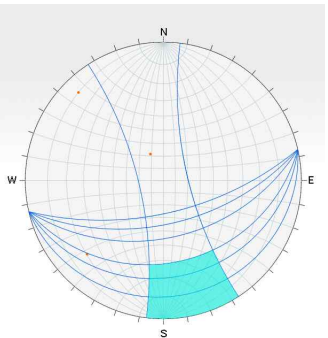
| 구 분    | 손상 내용  | 단위 | 손상수량<br>(개소 / 수량) | 손상 원인 | 비 고 |
|--------|--------|----|-------------------|-------|-----|
| 불안정 지질 | 국지적 분포 | -  | -                 | -     |     |

## 다. 불연속면 특성

불연속면은 대개 물리적으로 분리되어 있는 면으로 매우 작은 인장강도를 갖거나 인장강도가 없어 암반으로 구성된 절토사면의 경우 불연속면의 존재는 사면의 안정에 절대적인 영향을 미치게 된다. 이와 관련하여 본 성능평가에서는 소단 하부에는 식생공이 없어 대기에 노출된 원지반을 대상으로 3개 구간에서 암반 불연속면 특성을 조사하였다.

【표 47.14】 불연속면 특성 조사 결과

| 구 분                                                                                                                                                          |        | J1                                                                                  | J2         | J3                                                                                    | 절리상태 점수 |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|-----|
|                                                                                                                                                              |        |                                                                                     |            |                                                                                       | J1      | J2  | J3  |
| 종류                                                                                                                                                           |        | 절리                                                                                  | 절리         | 절리                                                                                    | -       | -   | -   |
| 방향성                                                                                                                                                          |        | 20/195                                                                              | 76/075     | 75/115                                                                                | -       | -   | -   |
| 간격(m)                                                                                                                                                        |        | 0.06~0.2                                                                            | 0.06~0.2   | 0.06~0.2                                                                              | -       | -   | -   |
| 상세<br>절리<br>상태                                                                                                                                               | 연장성(m) | 1.0~3.0                                                                             | 1.0~3.0    | 1.0~3.0                                                                               | 2       | 2   | 2   |
|                                                                                                                                                              | 틈새(mm) | 0.1mm 미만                                                                            | 0.1mm 미만   | 0.1mm 미만                                                                              | 2       | 2   | 2   |
|                                                                                                                                                              | 거칠기    | 약간 거칠음                                                                              | 약간 거칠음     | 약간 거칠음                                                                                | 4       | 4   | 4   |
|                                                                                                                                                              | 충진물질   | 딱딱함, 5mm미만                                                                          | 딱딱함, 5mm미만 | 딱딱함, 5mm미만                                                                            | 4       | 4   | 4   |
|                                                                                                                                                              | 풍화도    | HW                                                                                  | HW         | HW                                                                                    | 6       | 6   | 6   |
| 누수상태                                                                                                                                                         |        | 완전건조                                                                                | 완전건조       | 완전건조                                                                                  | 3.6     | 3.6 | 3.6 |
| 암괴크기                                                                                                                                                         |        | 0.0m×0.0m×0.0m                                                                      | -          | -                                                                                     |         |     |     |
| 블록형상                                                                                                                                                         |        | 불규칙상                                                                                | 불규칙상       | 불규칙상                                                                                  |         |     |     |
| 평사투영해석                                                                                                                                                       |        |                                                                                     |            |                                                                                       |         |     |     |
| 평면파괴                                                                                                                                                         |        | 썩기파괴                                                                                |            | 전도파괴                                                                                  |         |     |     |
|                                                                           |        |  |            |  |         |     |     |
| 안정                                                                                                                                                           |        | 안정                                                                                  |            | 안정                                                                                    |         |     |     |
| <ul style="list-style-type: none"><li>● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음</li><li>● 썩기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음</li><li>● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음</li></ul> |        |                                                                                     |            |                                                                                       |         |     |     |

| 구 분                                                                                                                                                          |        | J1                                                                                  | J2         | J3                                                                                    | 절리상태 점수 |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|-----|
|                                                                                                                                                              |        |                                                                                     |            |                                                                                       | J1      | J2  | J3  |
| 종류                                                                                                                                                           |        | 절리                                                                                  | 절리         | 절리                                                                                    | -       | -   | -   |
| 방향성                                                                                                                                                          |        | 24/154                                                                              | 75/046     | 83/136                                                                                | -       | -   | -   |
| 간격(m)                                                                                                                                                        |        | 0.06~0.2                                                                            | 0.06~0.2   | 0.06~0.2                                                                              | -       | -   | -   |
| 상세<br>절리<br>상태                                                                                                                                               | 연장성(m) | 1.0~3.0                                                                             | 1.0~3.0    | 1.0~3.0                                                                               | 2       | 2   | 2   |
|                                                                                                                                                              | 틈새(mm) | 0.1mm 미만                                                                            | 0.1mm 미만   | 0.1mm 미만                                                                              | 2       | 2   | 2   |
|                                                                                                                                                              | 거칠기    | 약간 거칠음                                                                              | 약간 거칠음     | 약간 거칠음                                                                                | 4       | 4   | 4   |
|                                                                                                                                                              | 충진물질   | 딱딱함, 5mm미만                                                                          | 딱딱함, 5mm미만 | 딱딱함, 5mm미만                                                                            | 4       | 4   | 4   |
|                                                                                                                                                              | 풍화도    | HW                                                                                  | HW         | HW                                                                                    | 6       | 6   | 6   |
| 누수상태                                                                                                                                                         |        | 완전건조                                                                                | 완전건조       | 완전건조                                                                                  | 3.6     | 3.6 | 3.6 |
| 암괴크기                                                                                                                                                         |        | -                                                                                   | -          | -                                                                                     |         |     |     |
| 블록형상                                                                                                                                                         |        | 불규칙상                                                                                | 불규칙상       | 불규칙상                                                                                  |         |     |     |
| 평사투영해석                                                                                                                                                       |        |                                                                                     |            |                                                                                       |         |     |     |
| 평면파괴                                                                                                                                                         |        | 썰기파괴                                                                                |            | 전도파괴                                                                                  |         |     |     |
|                                                                           |        |  |            |  |         |     |     |
| 안정                                                                                                                                                           |        | 안정                                                                                  |            | 안정                                                                                    |         |     |     |
| <ul style="list-style-type: none"><li>● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음</li><li>● 썰기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음</li><li>● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음</li></ul> |        |                                                                                     |            |                                                                                       |         |     |     |

## 라. 지반 변형

지반 변형은 사면의 배부를 현황과 같은 지반 자체 변형과 관련된 항목이다. 본 성능평가에서는 전 구간에 걸쳐 외관조사를 시행하고, 관련 자료 및 청문조사를 통한 과거 이력에 대한 조사도 병행하였다. 외관조사 결과, 지반변형으로 인한 급격한 기울기 변화는 조사되지 않았으며, 과거 이력 조사 결과에서도 손상은 없었던 것으로 확인되었다.

【표 47.15】 지반 변형 조사 결과

| 구 분   | 손상 내용 | 단위 | 손상수량<br>(개소 / 수량) | 손상 원인 | 비 고 |
|-------|-------|----|-------------------|-------|-----|
| 지반 변형 | 없 음   | -  | -                 | -     |     |

## 마. 배수 조건

사면내 배수시설은 소단 배수로 및 산마루 측구가 시공되어 있다.

소단 배수로 및 산마루 측구는 지반 변형으로 인한 부상 및 침하 등의 손상은 없는 것으로 확인되었으며, 일부구간 균열이 발생되었으나, 배수기능에는 문제가 없는 것으로 조사되었다.

【표 47.16】 배수 조건 조사 결과

| 구 분   |        | 손상 내용 | 단위 | 손상수량<br>(개소 / 수량) | 손상 원인      | 비 고 |
|-------|--------|-------|----|-------------------|------------|-----|
| 배수 조건 | 소단 배수로 | 균열    | m  | 8 / 16.00         | 건조수축, 온도변화 |     |
|       |        | 토사퇴적  | m³ | 1 / 3.00          | 공용중 열화     |     |
|       | 산마루 측구 | 균열    | m  | 6 / 7.00          | 건조수축, 온도변화 |     |
|       |        | 재료분리  | m³ | 3 / 5.60          | 시공미흡       |     |
|       |        | 파손    | m³ | 3 / 0.15          | 외부충격       |     |



|     |                           |     |                            |
|-----|---------------------------|-----|----------------------------|
| 현 황 | 70.668k 소단배수로 균열(0.3/2.0) | 현 황 | 70.668k 소단배수로 재균열(0.5/2.0) |
| 원 인 | 건조수축 등                    | 원 인 | 건조수축, 보수미흡 등               |
| 대 책 | 주입보수                      | 대 책 | 주입보수                       |



|     |                    |
|-----|--------------------|
| 현 황 | 70.678k 소단배수로 토사퇴적 |
| 원 인 | 심한풍화, 지표수유입        |
| 대 책 | 정비                 |



|     |                           |
|-----|---------------------------|
| 현 황 | 70.698k 소단배수로 균열(0.3/2.0) |
| 원 인 | 다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입      |
| 대 책 | 주입보수                      |



|     |                                  |
|-----|----------------------------------|
| 현 황 | 70.688k 소단배수로 토사퇴적(60.0*0.5*0.1) |
| 원 인 | 심한풍화, 지표수유입                      |
| 대 책 | 정비                               |



|     |                                  |
|-----|----------------------------------|
| 현 황 | 70.688k 소단배수로 토사퇴적(60.0*0.5*0.1) |
| 원 인 | 심한풍화, 지표수유입                      |
| 대 책 | 정비                               |



|     |                           |
|-----|---------------------------|
| 현 황 | 70.664k 산마루측구 균열(0.3/1.5) |
| 원 인 | 다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입      |
| 대 책 | 주입보수                      |



|     |                           |
|-----|---------------------------|
| 현 황 | 70.664k 산마루측구 균열(0.3/1.5) |
| 원 인 | 다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입      |
| 대 책 | 주입보수                      |

|                                                                                   |                            |                                                                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|  |                            |  |                            |
| 현 황                                                                               | 70.758k 산마루측구재료분리(1.0*0.5) | 현 황                                                                                | 70.758k 산마루측구재료분리(1.0*0.5) |
| 원 인                                                                               | 활착미흡, 지표수 유입               | 원 인                                                                                | 활착미흡, 지표수 유입               |
| 대 책                                                                               | 주의관찰 후 보호공 설치              | 대 책                                                                                | 주의관찰 후 보호공 설치              |

### 바. 지하수

지하수에 대한 항목은 사면내 지하수량을 간접적으로 조사하는 항목이다.

비탈면내 누수 여부에 대한 조사 결과, 지하수 용출에 의한 습윤지역 및 누수 현상은 관찰되지 않는 상태이다.

【표 47.17】 지하수 조사 결과

| 구 분 | 손상 내용  | 단위 | 손상수량<br>(개소 / 수량) | 손상원인 | 비 고 |
|-----|--------|----|-------------------|------|-----|
| 지하수 | 건조된 상태 | -  | -                 | -    |     |

### 사. 붕괴 이력

초기점검 및 기 점검사항을 토대로 확인한 결과, 붕괴이력은 조사되지 않았다.

【표 47.18】 붕괴 이력 조사 결과

| 구 분   | 손상 내용    | 단위 | 손상수량<br>(개소 / 수량) | 손상 원인  | 비 고 |
|-------|----------|----|-------------------|--------|-----|
| 붕괴 이력 | 평면파괴(우려) | m³ | 2 / 100.00        | 마찰저하 등 |     |

## 아. 낙석

낙석은 암반사면에서 빈번히 발생하는 붕괴유형으로 사면내 관찰되는 이완암 및 뜬돌의 규모 등을 조사하는 항목이다. 이와 관련하여 사면 하단부 및 소단부에서 낙석 여부 조사 결과 낙석은 조사되지 않았다

【표 47.19】 낙석 조사 결과

| 구 분 | 손상 내용 | 단위 | 손상수량<br>(개소 / 수량) | 손상원인 | 비 고        |
|-----|-------|----|-------------------|------|------------|
| 낙 석 | 없음    | -  | -                 | -    | 현장조사, 청문조사 |

## 자. 인장균열

인장균열 조사는 개략적인 붕괴 규모나 양상을 예측하기 위한 참고 자료로 활용되는 항목으로 본 비탈면에 대한 외관조사 결과, 사면 내·외부에서 인장균열은 조사되지 않는 상태이다.

【표 47.20】 인장균열 조사 결과

| 구 분  | 손상 내용 | 단위 | 손상수량<br>(개소 / 수량) | 손상원인 | 비 고  |
|------|-------|----|-------------------|------|------|
| 인장균열 | 없음    | -  | -                 | -    | 현장조사 |

### 차. 공중이 이용하는 부위

본 사면에는 공중이 이용하는 부위 평가결과 추락방지시설은 a등급, 도로포장은 a등급으로 평가되었고, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개는 없는 것으로 확인되었다.

**【표 47.21】 공중이 이용하는 부위 조사 결과**

| 평가 항목                    | 평가 등급 | 평가기준                                                                                                                         |
|--------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 추락<br>방지<br>시설           | a     | ○손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태                                                                                                        |
|                          | b     | ○추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태                                           |
|                          | c     | ○추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태                                                                        |
|                          | d     | ○고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태                                                           |
|                          | e     | ○추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태                                                                         |
| 도로<br>포장<br>파손           | a     | ○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태                                                                                                |
|                          | b     | ○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생한 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태                                            |
|                          | c     | ○포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태                                                  |
|                          | d     | ○깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태<br>○배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태                    |
|                          | e     | ○도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용 금지가 필요한 상태                                                                    |
| 도로<br>부<br>신축<br>이음<br>부 | a     | ○신축이음부에 손상이 없는 상태                                                                                                            |
|                          | b     | ○신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생한 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태                    |
|                          | c     | ○신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태 |
|                          | d     | ○신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태<br>○신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태       |
|                          | e     | ○신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태                                                                      |
| 환기<br>구<br>등의<br>덮개      | a     | ○환기구 등의 덮개가 최상의 상태                                                                                                           |
|                          | b     | ○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태<br>○기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태      |
|                          | c     | ○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태                                                           |
|                          | d     | ○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태                                                        |
|                          | e     | ○결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태                                                                                              |

### 47.3.4 내구성능 조사

#### 가. 토사구간의 지반상태

본 비탈면에는 전 구간에 걸쳐 암반으로 구성되어 있으며, 토양경도계를 측정할 수 없으므로 토사구간의 지반상태는 제외토록 하였다.

#### 나. 암반구간의 지반상태

암반강도시험은 식생 및 녹생토 시공으로 인해 노출된 암반이 존재하지 않아 암반강도시험을 실시하지 못한 구간이 발생하였고, 설계값이 없는 상태이며, 초기점검 시 강도측정을 하지 않아, 이전 성능평가 측정값을 기준으로 평가하였다. 시험 결과 및 기존 자료 검토에 따른 암종 분류 결과 경암인 것으로 판단된다.

암반강도시험 결과

| 시험위치    | 상위50% 평균값<br>(대표값) | 일축압축강도<br>추정(MPa) | 암 판정 결과 | 비고 |
|---------|--------------------|-------------------|---------|----|
| 70.650k | 54.3               | 102.2             | 경암      |    |
| 70.663k | 53.5               | 98.6              | 경암      |    |
| 70.675k | 53.7               | 99.5              | 경암      |    |
| 70.690k | 52.0               | 92.6              | 경암      |    |
| 70.700k | 54.0               | 100.8             | 경암      |    |
| 70.706k | 55.7               | 108.2             | 경암      |    |



절리면 경사/경사방향 측정



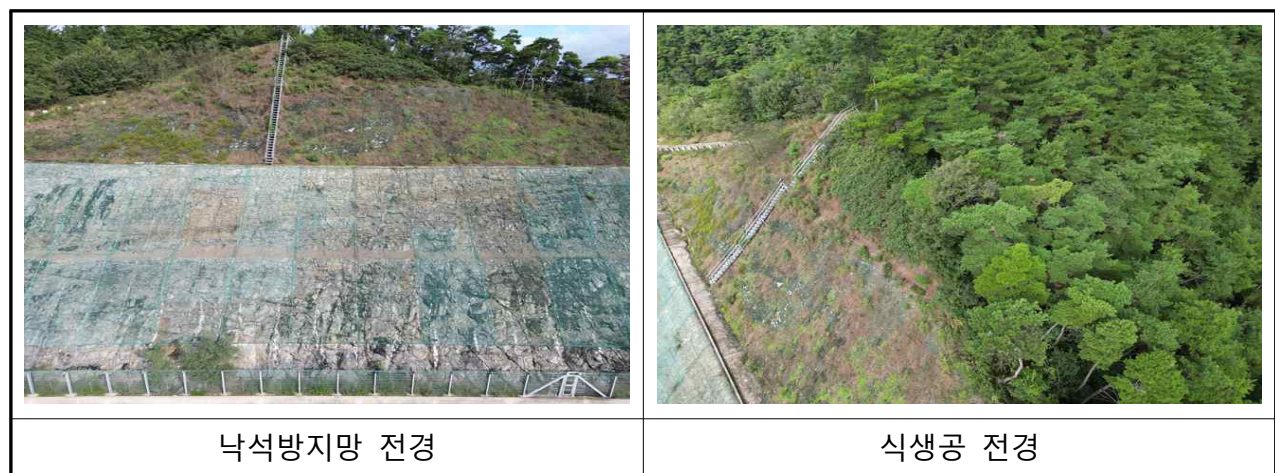
암반 강도시험

## 다. 표면보호공

표면보호공은 사면의 안전성에는 직접적인 영향을 주지 않으나, 사면의 상태보호 및 유지에 영향을 미치는 요소이다.

【표 47.22】 표면보호공 조사 결과

| 구 분       |       | 손상 내용 | 단위 | 손상수량<br>(개소 / 수량) | 손상 원인 | 비 고 |
|-----------|-------|-------|----|-------------------|-------|-----|
| 표면<br>보호공 | 식생공   | -     | -  | -                 | -     | -   |
|           | 낙석방지망 | -     | -  | -                 | -     | -   |



## 라. 사면보강공

본 비탈면은 관련자료 분석 결과 식생, 낙석방지망 이외의 특별한 보강시설은 없는 것으로 조사되었으며, 현장조사시 확인한 결과 보강공은 시공되어 있지 않다.

【표 47.23】 사면보강공 조사 결과

| 구 분       |   | 손상 내용 | 단위 | 손상수량<br>(개소 / 수량) | 손상 원인 | 비 고 |
|-----------|---|-------|----|-------------------|-------|-----|
| 사면<br>보강공 | - | -     | -  | -                 | -     |     |

## 47.4 안전성능평가

안전성능평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 평가하는 상태안전성능평가와 공학적인 안정성을 평가하는 구조안전성능으로 구분한다.

### 47.4.1 상태안전성능 평가

#### 가. 시설물의 형식 및 안전성능지표

비탈면 분류는 현장조사 결과를 기초로 하여 관련 자료 분석을 통해 획득한 자료를 최대한 적용하였다. 그 결과 절토사면 높이에 대한 토층심도율이 0.4미만으로 분석되어 암반비탈면으로 분류되고, 압축강도 및 블록 크기를 고려할 때 세부 분류는 파쇄암반비탈면으로 평가된다.

【표 47.24】 절토비탈면 분류

(MPa=10.2kg/cm<sup>2</sup>)

| 구 분 |           | 분류기<br>준 | 평가점수                                                                                        | 비탈면종류        |            |
|-----|-----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|
|     |           |          |                                                                                             | 세부분류         | 종합분류       |
| 1구간 | 토층<br>심도율 | 0.4      | $\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{3.0}{42.0} = 0.07$ 로 0.4미만                       | 암반사면         | 파쇄<br>암반사면 |
|     | 압축강도      | 10MPa    | 반발경도측정결과 106.8~114.7MPa으로 10MPa이상                                                           | 파쇄암반<br>절리암반 |            |
|     | 블록크기      | 0.01     | $I_b = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{3} = 0.2, \frac{I_b}{H} = \frac{0.2}{42.0} = 0.004$ 로 0.01이하 | 파쇄암반         |            |
| 2구간 | 토층<br>심도율 | 0.4      | $\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{3.0}{42.0} = 0.07$ 로 0.4미만                       | 암반사면         | 파쇄<br>암반사면 |
|     | 압축강도      | 10MPa    | 반발경도측정결과 108.7~112.2MPa으로 10MPa이상                                                           | 파쇄암반<br>절리암반 |            |
|     | 블록크기      | 0.01     | $I_b = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{3} = 0.2, \frac{I_b}{H} = \frac{0.2}{42.0} = 0.004$ 로 0.01이하 | 파쇄암반         |            |

※토층심도율이 0.2~0.4일 경우, 혼합사면으로 규정하여 토사사면과 암반사면의 특성을 모두 고려

| 구분  | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> | I <sub>b</sub> | H    | 블록크기비(BR) |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|------|-----------|
| 1구간 | 0.21           | 0.20           | 0.19           | 0.20           | 42.0 | 0.004     |
| 2구간 | 0.20           | 0.19           | 0.20           | 0.20           | 42.0 | 0.004     |

본 사면은 연장 280m의 사면으로서, 외관조사시 실시한 구간분할과 동일하게 2구간으로 분할하여 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다. 사면분류를 위해 특성조사를 실시한 위치는 외관조사결과현황도(Face Map)에 Set1~6으로 표기하였다.

【표 47.25】비탈면 구간 분할

| 구분  | 측점              | 연장   | 사면상태 | 비고 |
|-----|-----------------|------|------|----|
| 1구간 | 70.498~70.678km | 180m | 암반사면 |    |
| 2구간 | 70.678~70.778km | 100m | 암반사면 |    |

【표 47.26】사면 형식별 상태안전성능지표

| 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>○ 집수지형</li> <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> |

#### 나. 1구간 상태안전성능 평가 결과

##### 1) 성능지표별 평가 결과

【표 47.27】집수지형 평가 결과(1구간)

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

【표 47.28】 불안정 지질 평가 결과(1구간)

| 평가항목<br>및 등급  | 평가 기준 | 평가 내용                 | 현장조사 결과          | 평가<br>결과 |
|---------------|-------|-----------------------|------------------|----------|
| 규모<br>및<br>상태 | a     | 없음                    | 파쇄암반사면<br>국지적 분포 | c        |
|               | b     | 일부 분포<br>(견고)         |                  |          |
|               | c     | 국지적 분포<br>(파쇄)        |                  |          |
|               | d     | 전반적인 분포<br>(파쇄)       |                  |          |
|               | e     | 전반적인 분포<br>(파쇄, 누수 등) |                  |          |

【표 47.29】 불연속면 특성 평가 결과(1구간)

| 평가항목 및 등급  | 평가 기준 | 평가 내용 | 평가<br>결과                                                                 |
|------------|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| 불연속면<br>상태 | a     | 매우 양호 | 불연속면 상태 점수<br>$= \Sigma(① \sim ⑥) / 6 =$<br>$(5+5+10+5+16+10) / 6 = 8.5$ |
|            | b     | 양호    |                                                                          |
|            | c     | 보통    |                                                                          |
|            | d     | 불량    |                                                                          |
|            | e     | 매우 불량 |                                                                          |

【표 47.30】 불연속면 세부 상태 평가 결과(1구간)

| 평가항목  | 등급     |                    |                    |                    |                    | 현장조사<br>결과    | 평가<br>결과 |
|-------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|----------|
|       | a      | b                  | c                  | d                  | e                  |               |          |
| 점수    | 0      | 5                  | 10                 | 16                 | 24                 |               |          |
| ①연장성  | 1.0m미만 | 1.0m이상<br>3.0m미만   | 3.0m이상<br>10.0m미만  | 10.0m이상<br>20.0m미만 | 20.0m이상            | 1~3           | b        |
| ②틈 새  | 0      | 0.1mm미만            | 0.1mm이상<br>1.0mm미만 | 1.0mm이상<br>6.0mm미만 | 6.0mm이상            | 0.1mm미만       | b        |
| ③거칠기  | 매우 거침  | 거침                 | 약간 거침              | 평탄                 | 매우 평탄              | 약간<br>거칠음     | c        |
| ④충전물  | 없음     | 단단한 충전물<br>(5mm미만) | 단단한 충전물<br>(5mm이상) | 연약한 충전물<br>(5mm미만) | 연약한 충전물<br>(5mm이상) | 딱딱함,<br>5mm미만 | b        |
| ⑤풍화도  | 신선     | 약한 풍화              | 보통 풍화              | 심한 풍화              | 완전 풍화              | HW            | d        |
| ⑥절리간격 | 2.0m이상 | 0.6m이상<br>2.0m미만   | 0.2m이상<br>0.6m미만   | 0.06m이상<br>0.2m미만  | 0.06m미만            | 0.2~0.6       | c        |

【표 47.31】 지반변형 평가 결과(1구간)

| 평가항목<br>및 등급           | 평가 기준 | 평가 내용        | 현장조사<br>결과 | 평가<br>결과 |
|------------------------|-------|--------------|------------|----------|
| 포행,<br>단차,<br>배부름<br>등 | a     | 변형 없음        | 지반변형<br>없음 | a        |
|                        | b     | 약간의 변형       |            |          |
|                        | c     | 국지적인 변형      |            |          |
|                        | d     | 사면 전반에 걸친 변형 |            |          |
|                        | e     | 사면 전반에 걸친 변형 |            |          |

【표 47.32】 지하수 평가 결과(1구간)

| 평가항목<br>및 등급        | 평가 기준 | 평가 내용            | 현장조사<br>결과 | 평가<br>결과 |
|---------------------|-------|------------------|------------|----------|
| 누수<br>상태<br>및<br>위치 | a     | 건조(dry)          | 건조한 상태     | a        |
|                     | b     | 젖음(wet)<br>사면하부  |            |          |
|                     | c     | 젖음(wet)<br>사면상부  |            |          |
|                     | d     | 흐름(flow)<br>사면하부 |            |          |
|                     | e     | 흐름(flow)<br>사면상부 |            |          |

【표 47.33】 배수시설 평가 결과(1구간)

| 평가항목<br>및 등급 | 평가 기준 | 평가 내용 | 현장조사<br>결과 | 평가<br>결과 |
|--------------|-------|-------|------------|----------|
| 배수<br>조건     | a     | 완전배수  | 일부 균열      | c        |
|              | b     | 양호    |            |          |
|              | c     | 보통    |            |          |
|              | d     | 불량    |            |          |
|              | e     | 매우 불량 |            |          |

【표 47.34】 붕괴이력 평가 결과(1구간)

| 평가항목 및 등급 |   | 평가 기준     | 평가 내용                                                               | 현장조사 결과      | 평가 결과 |
|-----------|---|-----------|---------------------------------------------------------------------|--------------|-------|
| 붕괴이력      | a | 없음        | 없음                                                                  | 평면파괴<br>(우려) | c     |
|           | b | 세굴 및 표층균열 | 사면의 표면 세굴 및 소규모 유실 등의 발생이력                                          |              |       |
|           | c | 표층파괴      | 표층유실 및 낙석, 암탈락 등 사면 표층 파괴 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 47.35】 낙석 발생 규모 평가기준(1구간)

| 평가항목 및 등급 |   | 평가 기준             | 현장조사 결과 | 평가 결과 |
|-----------|---|-------------------|---------|-------|
| 발생 규모     | a | 없음                | 낙석 없음   | a     |
|           | b | 1.0m³미만           |         |       |
|           | c | 1.0m³이상, 6.0m³미만  |         |       |
|           | d | 6.0m³이상, 10.0m³미만 |         |       |
|           | e | 10.0m³이상          |         |       |

【표 47.36】 예상 낙석에너지 평가기준(1구간)

| 평가항목 및 등급 |   | 평가 기준             | 현장조사 결과                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 평가 결과 |
|-----------|---|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 예상 낙석 에너지 | a | 없음                | $E_i = (1 - \frac{u}{\tan\theta}) \times (1 + \beta) \times m \times g \times H = 0$ 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)<br>→ 현장조사 결과 뜬돌 및 이완암이 조사되지 않음 | a     |
|           | b | 50kJ미만            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |       |
|           | c | 50kJ이상<br>70kJ미만  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |       |
|           | d | 70kJ이상<br>120kJ미만 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |       |
|           | e | 120kJ이상           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |       |

【표 47.37】 사면의 상부 상태 평가 결과 (1구간)

| 평가항목<br>및 등급     |   | 평가 기준          | 평가 내용                                                          | 현장조사<br>결과  | 평가<br>결과 |
|------------------|---|----------------|----------------------------------------------------------------|-------------|----------|
| 상부<br>자연사면<br>경사 | a | 없음             | 평지 또는 역경사                                                      | 상향<br>0~10° | b        |
|                  | b | 10°미만          | 상부자연사면으로부터 지표수가 유입될<br>수 있는 정도를 평가하기 위한 것으로<br>자연사면의 대표 경사로 평가 |             |          |
|                  | c | 10°이상<br>20°미만 |                                                                |             |          |
|                  | d | 20°이상<br>30°미만 |                                                                |             |          |
|                  | e | 30°이상          |                                                                |             |          |

## 다. 1구간 인장균열 평가 결과

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 47.38】 인장균열 결함점수 산정 결과(1구간)

| 구 분  | 평가등급 | 결함점수 | 결함지수 | 현장조사 결과 | 평가<br>결과 |
|------|------|------|------|---------|----------|
| 인장균열 | a    | 8    | 0.08 | 인장균열 없음 | a        |
|      | d    | 65   | 0.65 |         |          |
|      | e    | 88   | 0.88 |         |          |

본 비탈면의 경우 인장균열이 없는 상태로서 성능별 등급 결과에 따른 상태안전성능평가 결과를 최종 상태평가 안전등급으로 산정하기로 한다.

## 라. 1구간 상태안전성능 평가 결과

구성 재료에 따른 평가항목별 등급점수는 다음과 같다.

【표 47.39】 상태안전성능 평가 결과 범위(1구간)

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

【표 47.40】 암반사면의 평가항목별 등급에 따른 점수(1구간)

| 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 = $\Sigma(①\sim⑧) / 100$ |           |     |      |       |       |

각 평가항목별 평가결과에 따른 상태안전성능 평가 결과 B등급으로 평가되었다.

【표 47.41】 상태안전성능평가 결과(1구간)

| 시설물명        | 상주절토47    |      |            |               |
|-------------|-----------|------|------------|---------------|
| 사면 종류       | 절토사면      | 구성재료 | 파쇄암반사면     |               |
| 평가요소        |           | 결함점수 | 결함점수<br>선정 | 결함종류별<br>평가등급 |
| 평가항목        | 세부평가항목    |      |            |               |
| 집수지형        | 사면 내      | 0    | 0          | a             |
|             | 사면 외      | 0    |            |               |
| 불안정 지질      |           | 6    | 6          | c             |
| 불연속면 특성     |           | 8.5  | 8.5        | c             |
| 지반변형        |           | 0    | 0          | a             |
| 지하수         |           | 0    | 0          | a             |
| 배수조건        |           | 5    | 5          | c             |
| 붕괴이력        |           | 4    | 4          | a             |
| 낙석          | 발생규모      | 0    | 0          | a             |
|             | 예상 낙석 에너지 | 0    |            |               |
| 총점          |           |      | 23.5       |               |
| 결함지수        |           |      | 0.235      |               |
| 상태안전성능평가 결과 |           |      | B          |               |

### 마. 2구간 상태안전성능 평가 결과

#### 1) 성능지표별 평가 결과

【표 47.42】 집수지형 평가 결과(2구간)

| 평가항목 및 등급                 |   | 평가 기준 | 평가 내용              | 현장조사 결과 | 평가결과 |
|---------------------------|---|-------|--------------------|---------|------|
| 사면<br>내·외<br>집수지형<br>개소 수 | a | 없음    | 계곡부 또는 집수지형 없음     | 없음      | a    |
|                           | 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 47.43】 불안정 지질 평가 결과(2구간)

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

【표 47.44】 불연속면 특성 평가 결과(2구간)

| 평가항목 및 등급  |   | 평가 기준 | 평가 내용                                                                  | 평가 결과 |
|------------|---|-------|------------------------------------------------------------------------|-------|
| 불연속면<br>상태 | a | 매우 양호 | 불연속면 상태 점수<br>= $\Sigma(① \sim ⑥) / 6 =$<br>(5+5+10+5+10+10) / 6 = 7.5 | c     |
|            | b | 양호    |                                                                        |       |
|            | c | 보통    |                                                                        |       |
|            | d | 불량    |                                                                        |       |
|            | e | 매우 불량 |                                                                        |       |

【표 47.45】 불연속면 세부 상태 평가 결과(2구간)

| 평가항목  | 등급     |                    |                    |                    |                    | 현장조사<br>결과    | 평가<br>결과 |
|-------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|----------|
|       | a      | b                  | c                  | d                  | e                  |               |          |
| 점수    | 0      | 5                  | 10                 | 16                 | 24                 |               |          |
| ①연장성  | 1.0m미만 | 1.0m이상<br>3.0m미만   | 3.0m이상<br>10.0m미만  | 10.0m이상<br>20.0m미만 | 20.0m이상            | 1~3           | b        |
| ②틈 새  | 0      | 0.1mm미만            | 0.1mm이상<br>1.0mm미만 | 1.0mm이상<br>6.0mm미만 | 6.0mm이상            | 0.1mm미만       | b        |
| ③거칠기  | 매우 거침  | 거침                 | 약간 거침              | 평탄                 | 매우 평탄              | 약간<br>거칠음     | c        |
| ④충전물  | 없음     | 단단한 충전물<br>(5mm미만) | 단단한 충전물<br>(5mm이상) | 연약한 충전물<br>(5mm미만) | 연약한 충전물<br>(5mm이상) | 딱딱함,<br>5mm미만 | b        |
| ⑤풍화도  | 신선     | 약한 풍화              | 보통 풍화              | 심한 풍화              | 완전 풍화              | MW            | c        |
| ⑥절리간격 | 2.0m이상 | 0.6m이상<br>2.0m미만   | 0.2m이상<br>0.6m미만   | 0.06m이상<br>0.2m미만  | 0.06m미만            | 0.2~0.6       | c        |

【표 47.46】 지반변형 평가 결과(2구간)

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

【표 47.47】 지하수 평가 결과(2구간)

| 평가항목<br>및 등급        | 평가 기준 | 평가 내용            | 현장조사<br>결과 | 평가<br>결과 |
|---------------------|-------|------------------|------------|----------|
| 누수<br>상태<br>및<br>위치 | a     | 건조(dry)          | 건조한 상태     | a        |
|                     | b     | 젖음(wet)<br>사면하부  |            |          |
|                     | c     | 젖음(wet)<br>사면상부  |            |          |
|                     | d     | 흐름(flow)<br>사면하부 |            |          |
|                     | e     | 흐름(flow)<br>사면상부 |            |          |

【표 47.48】 배수시설 평가 결과(2구간)

| 평가항목<br>및 등급 | 평가 기준 | 평가 내용 | 현장조사<br>결과 | 평가<br>결과 |
|--------------|-------|-------|------------|----------|
| 배수<br>조건     | a     | 완전배수  | 일부 균열      | c        |
|              | b     | 양호    |            |          |
|              | c     | 보통    |            |          |
|              | d     | 불량    |            |          |
|              | e     | 매우 불량 |            |          |

【표 47.49】 붕괴이력 평가 결과(2구간)

| 평가항목 및 등급 | 평가 기준 | 평가 내용        | 현장조사<br>결과   | 평가<br>결과 |
|-----------|-------|--------------|--------------|----------|
| 붕괴이력      | a     | 없음           | 평면파괴<br>(우려) | c        |
|           | b     | 세굴 및<br>표층균열 |              |          |
|           | c     | 표층파괴         |              |          |
|           | d     | 심층파괴         |              |          |
|           | e     | 대규모파괴        |              |          |

【표 47.50】 낙석 발생 규모 평가기준(2구간)

| 평가항목 및 등급 |   | 평가 기준             | 현장조사 결과 | 평가 결과 |
|-----------|---|-------------------|---------|-------|
| 발생 규모     | a | 없음                | 낙석 없음   | a     |
|           | b | 1.0m³미만           |         |       |
|           | c | 1.0m³이상, 6.0m³미만  |         |       |
|           | d | 6.0m³이상, 10.0m³미만 |         |       |
|           | e | 10.0m³이상          |         |       |

【표 47.51】 예상 낙석에너지 평가기준(2구간)

| 평가항목 및 등급 |   | 평가 기준             | 현장조사 결과                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 평가 결과 |
|-----------|---|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 예상 낙석 에너지 | a | 없음                | $E_i = (1 - \frac{u}{\tan\theta}) \times (1 + \beta) \times m \times g \times H = 0$ 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)<br>→ 현장조사 결과 뜬돌 및 이완암이 조사되지 않음 | a     |
|           | b | 50kJ미만            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |       |
|           | c | 50kJ이상<br>70kJ미만  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |       |
|           | d | 70kJ이상<br>120kJ미만 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |       |
|           | e | 120kJ이상           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |       |

【표 47.52】 사면의 상부 상태 평가 결과 (2구간)

| 평가항목<br>및 등급     |   | 평가 기준          | 평가 내용                                                          | 현장조사<br>결과  | 평가<br>결과 |
|------------------|---|----------------|----------------------------------------------------------------|-------------|----------|
| 상부<br>자연사면<br>경사 | a | 없음             | 평지 또는 역경사                                                      | 상향<br>0~10° | b        |
|                  | b | 10°미만          | 상부자연사면으로부터 지표수가 유입될<br>수 있는 정도를 평가하기 위한 것으로<br>자연사면의 대표 경사로 평가 |             |          |
|                  | c | 10°이상<br>20°미만 |                                                                |             |          |
|                  | d | 20°이상<br>30°미만 |                                                                |             |          |
|                  | e | 30°이상          |                                                                |             |          |

#### 바. 2구간 인장균열 평가 결과

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 47.53】인장균열 결함점수 산정 결과(2구간)

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

본 비탈면의 경우 인장균열이 없는 상태로서 성능별 등급 결과에 따른 상태안전성능평가 결과를 최종 상태평가 안전등급으로 산정하기로 한다.

#### 사. 2구간 상태안전성능 평가 결과

구성 재료에 따른 평가항목별 등급점수는 다음과 같다

【표 47.54】상태안전성능 평가 결과 범위(2구간)

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

【표 47.55】암반사면의 평가항목별 등급에 따른 점수(2구간)

| 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 = $\Sigma(① \sim ⑧) / 100$ |           |     |      |       |       |

각 평가항목별 평가결과에 따른 상태안전성능 평가 결과 B등급으로 평가되었다.

【표 47.56】 상태안전성능평가 결과(2구간)

| 시설물명        | 상주절토47    |      |            |               |
|-------------|-----------|------|------------|---------------|
| 사면 종류       | 절토사면      | 구성재료 | 파쇄암반사면     |               |
| 평가요소        |           | 결함점수 | 결함점수<br>선정 | 결함종류별<br>평가등급 |
| 평가항목        | 세부평가항목    |      |            |               |
| 집수지형        | 사면 내      | 0    | 0          | a             |
|             | 사면 외      | 0    |            |               |
| 불안정 지질      |           | 6    | 6          | c             |
| 불연속면 특성     |           | 7.5  | 7.5        | c             |
| 지반변형        |           | 0    | 0          | a             |
| 지하수         |           | 0    | 0          | a             |
| 배수조건        |           | 5    | 5          | b             |
| 붕괴이력        |           | 4    | 4          | a             |
| 낙석          | 발생규모      | 0    | 0          | a             |
|             | 예상 낙석 에너지 | 0    |            |               |
| 총점          |           |      | 22.5       |               |
| 결함지수        |           |      | 0.225      |               |
| 상태안전성능평가 결과 |           |      | <b>B</b>   |               |

#### 아. 상태안전성능 평가 결과

구성 재료에 따른 평가항목별 등급점수는 다음과 같다.

【표 47.57】 상태안전성능 평가 결과 범위

| 사면 총길이 | 구간분할                                                | 분할구간 길이        | 평가등급     | 최종 평가결과 | 비 고        |
|--------|-----------------------------------------------------|----------------|----------|---------|------------|
| 280m   | 1구간                                                 | 70.498~70.678k | B(0.235) | B       | 인장균열<br>없음 |
|        | 2구간                                                 | 70.678~70.778k | B(0.225) |         |            |
|        | ○ 구간별 평가 후 최소등급 선정<br>○ 인장균열 유무, 진행성 여부에 따라 최소등급 선정 |                |          |         |            |

### 47.4.2 구조안전성능 평가

#### 가. 개 요

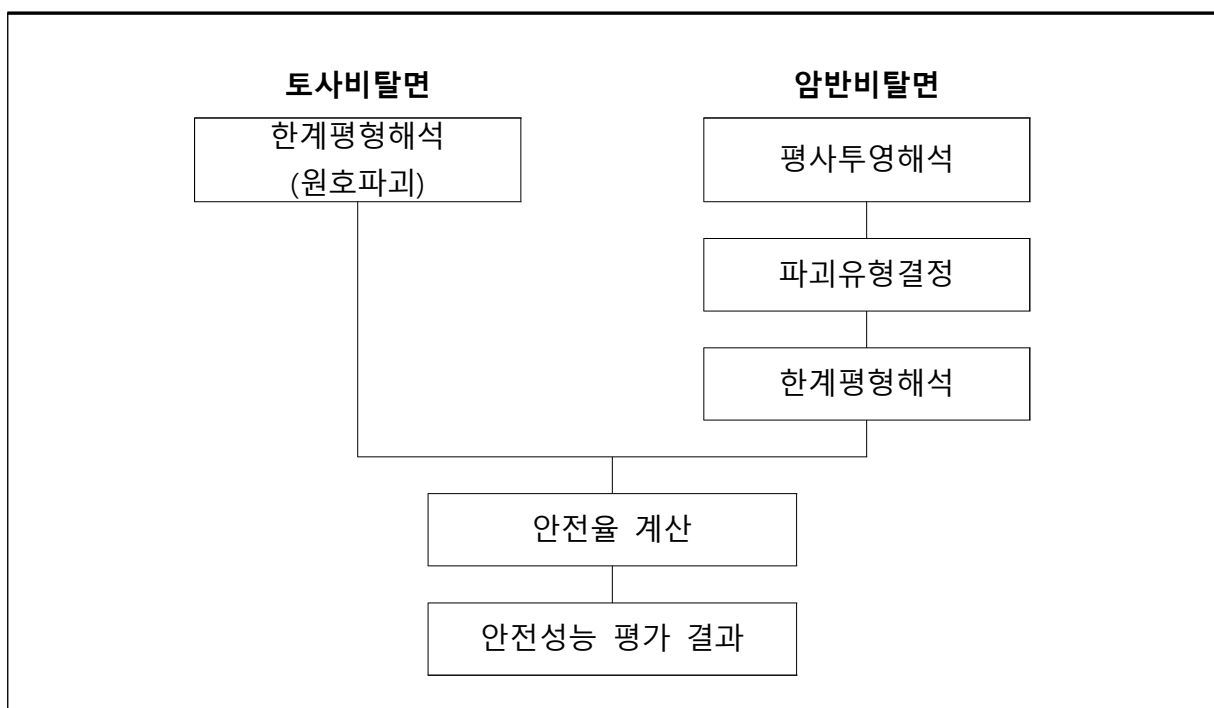
구조안전성능평가는 공학적인 관점에서 시설물을 평가하는 안전수준으로 토사사면의 경우 일반적으로 토층의 원호파괴해석이 주를 이루는 반면, 암반사면의 경우 평사투영해석을 실시한 후 파괴 가능성 여부에 따라 한계평형해석을 실시하도록 제안하고 있다.

금회 성능평가에서는 설계 및 시공중 보강 관련 자료, 공용중 보강자료 등의 검토를 통해 구조안전성능평가에 필요한 항목을 검토하기로 한다. 또한, 이와 더불어 금회 성능평가 현장조사시 획득된 암반 절리 자료를 이용하여 평사투영해석을 시행하기로 한다.

#### 나. 구조안전평가

##### 1) 평가개요

비탈면의 안전성능 평가는 비탈면을 구성하는 지반의 구성물질 및 파괴거동에 따라 다양한 측면에서 검토되어야 한다. 토사비탈면과 토층은 일반적으로 원호파괴해석이 주를 이루는 반면, 암반비탈면은 평사투영해석을 실시하여 불연속면을 따른 암반의 파괴 가능성 및 파괴유형을 검토한 후 이에 부합하는 한계평형해석을 실시하여야 한다. 또한 암반비탈면의 경우라 할지라도 지반의 강도 특성이나 불연속면의 분포 특성 등에 따라 토사비탈면과 같은 연속적인 거동이 가능한 암반의 경우는 이와 별도로 원호파괴 가능성에 대한 검토가 이루어져야 한다.



【표 47.5】 구조안전성능 평가과정

【표 47.58】 유형별 안정해석 범위

| 구 분   | 평사투영<br>해석 | 한계평형해석 |     | 비 고                                                                                                               |
|-------|------------|--------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |            | 토 사    | 암 반 |                                                                                                                   |
| 토사비탈면 | -          | ○      | -   | · 원호활동에 대한 한계평형 해석 실시                                                                                             |
| 암반비탈면 | ○          | △      | ○   | · 평사투영해석결과 불안정시 파괴 유형에 따른 한계평형해석 수행<br>· 3m이상의 토층이 관찰되거나 풍화가 심하게 진행되어 원호활동이 예상되는 구간에 대해 평사투영해석결과와 별도로 원호파괴 해석을 실시 |
| 혼합비탈면 | ○          | ○      | ○   | · 평사투영해석결과 불안정시 파괴 유형에 따른 한계평형해석 수행<br>· 평사투영해석결과와 별도로 토사구간에 대해 원호파괴해석 실시                                         |

○설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득

○설계도면과 현재 제원 비교

## 2) 비탈면의 불안정 요인

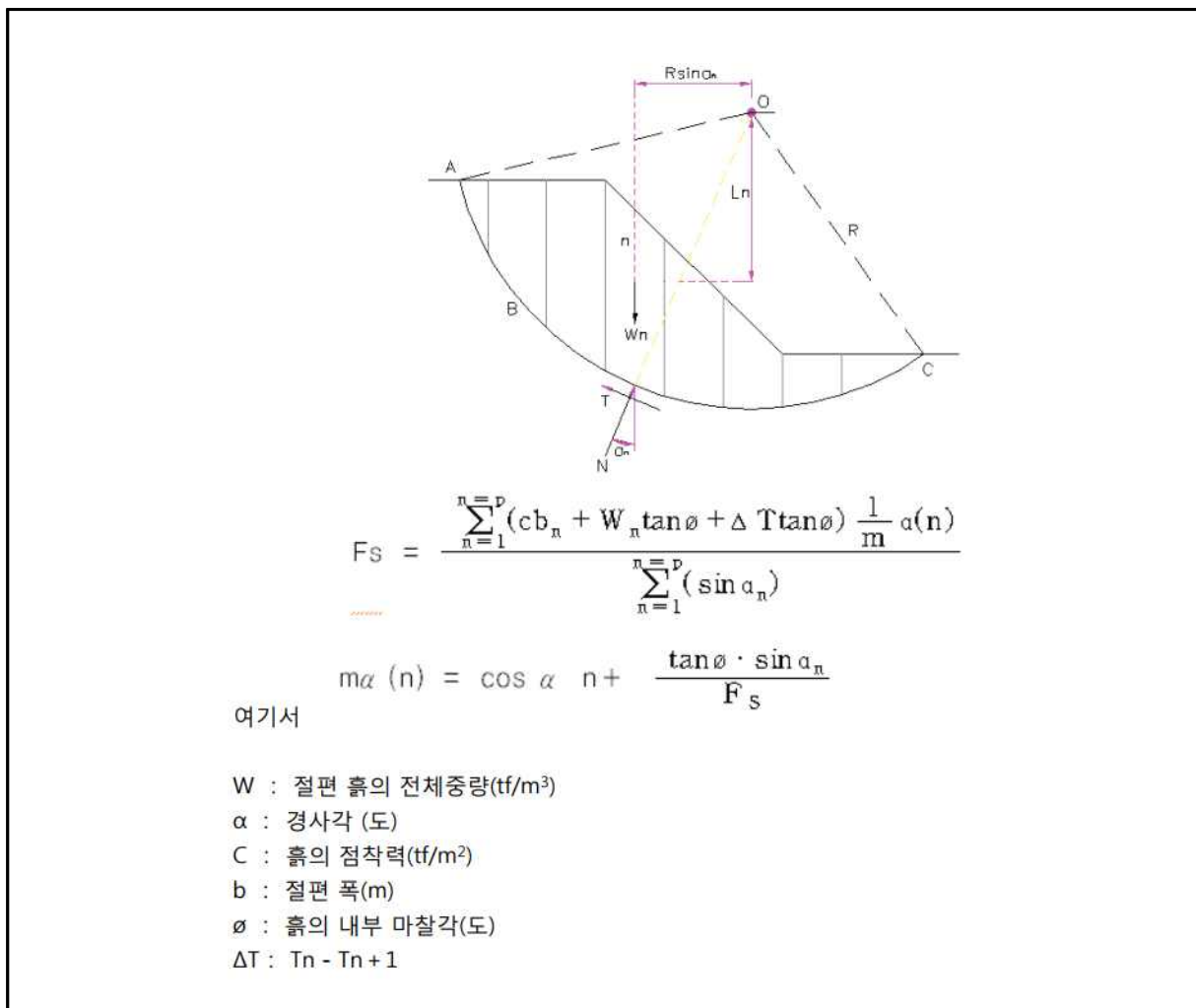
|                                      |                            |           |                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------|----------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 사<br>면<br>의<br>불<br>안<br>정<br>요<br>인 | 직<br>접<br>적<br>인<br>요<br>인 | 자연적<br>요인 | · 강우, 용설에 의한 침식, 간극수압 상승<br>· 지하수 접촉에 의한 암반강도 저하<br>· 적설에 의한 상재하중 증가<br>· 동결융해에 의한 강도열화, 간극수압 상승<br>· 하천, 파도에 의한 침식<br>· 수목에 작용하는 풍하중, 지진        |
|                                      |                            |           | · 터널, 부지조성, 도로건설에 의한 비탈면 절취<br>· 댐 하류부의 세굴, 수로에서의 누수<br>· 수목벌채<br>· 저류지의 지하수위 변동 등                                                               |
|                                      | 간<br>접<br>적<br>인<br>요<br>인 | 지질적<br>원인 | · 단층, 파쇄대, 절리, 층리, 편리 등의 존재<br>· 암석 및 암반의 풍화 및 강도열화<br>· 변질대, 붕적토의 분포<br>· 화산 쇄설물, 미고결 화산 퇴적물의 분포<br>· 3기층의 사암, 이암, 응회암의 분포<br>· 지하수 존재의 유무 및 거동 |
|                                      |                            |           | · 20°이상의 급경사지<br>· 태풍의 영향, 일교차의 영향을 쉽게 받는 남측 사면<br>· 하천, 절벽해안, 저수지 급경사면 등 침식이 용이한 사면<br>· 지표수가 집중될 수 있는 장소                                       |

【표 47.6】 구조안전성능 평가과정

## 3) 비탈면 안정해석 방법

## ① 한계평형법

한계평형 해석방법은 활동면을 따라 파괴가 일어나려는 순간에 토체의 안정성을 해석하려는 것이다. 문제를 단순화하기 위한 가정을 설정하고 이 방법을 사용하여 간단한 정역학적 이론으로 해를 얻으려 하는 것이다. 한계평형 해석법은 절성토 비탈면의 안정해석에 널리 사용되고 있으며 이 방법의 유용성과 신뢰성은 축적된 경험을 통하여 잘 알려져 있다. 한계평형 이론에 의한 비탈면안정 해석방법은 여러 가지가 있으며, 그 정확성은 강도정수와 비탈면의 기하학적 조건의 정확도 및 각 해석방법 고유의 정밀도에 따라 좌우된다. 한계평형 방법의 기본가정은 직선, 원호, 대수나선으로 가정된 파괴면을 따라 Coulomb의 파괴규준을 만족한다는 것으로 가능한 활동면을 따라 파괴가 일어나려는 순간에 토체의 안정성을 해석하는 것이다. 대표적인 해석방법으로는  $\phi=0$  해석법, Fellenius 방법, Bishop 방법, Janbu 방법, Spencer 방법, Morgenstern & Price, 일반한계평형 방법 (GLE) 등이 있다.

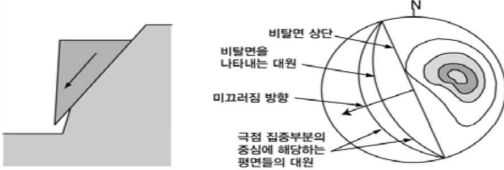
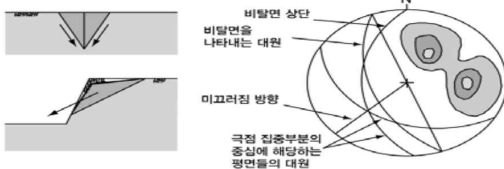
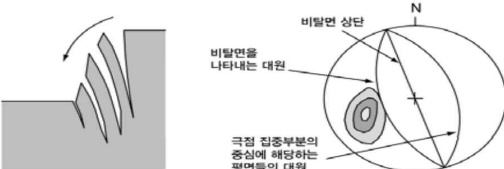


【표 47.7】 Bishop의 안전율 계산식

## ② 평사투영해석

평사투영법은 비탈면의 방향과 경사, 불연속면의 주향과 경사, 불연속면의 전단저항각을 고려하여 암반 비탈면의 안정성을 개략적으로 검토하는 방법이다. 암반비탈면에 발달하고 있는 불연속면의 방향에 따라 그 파괴형태가 다르게 나타난다. 일반적으로 암반비탈면의 파괴형태는 원형파괴(Circular Failure), 평면파괴(Planar Failure), 쐼기파괴(Wedge Failure) 및 전도파괴(Toppling Failure) 등이 있다.

【표 47.59】 비탈면 안정성 분석방법

| 구 분  | 파괴 모식도                                                                              | 분석방법                                                           |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 평면파괴 |    | 불연속면의 주절리가 한 방향으로 발달된 암반에서 발생가능                                |
| 쐼기파괴 |   | 쐼기파괴는 두 개의 불연속면을 따라 발생하는 암반블록의 미끄러짐으로 인한 파괴형태                  |
| 전도파괴 |  | 전도파괴의 발생조건은 절개면과 절리면의 경사방향이 반대이거나 절리면의 주향과 절개면의 주향이 비슷한 경우에 발생 |

## 4) 안전율 기준 - KDS 11 70 05 : 2016

【표 47.60】 깎기비탈면 안정해석시 적용하는 기준 안전율

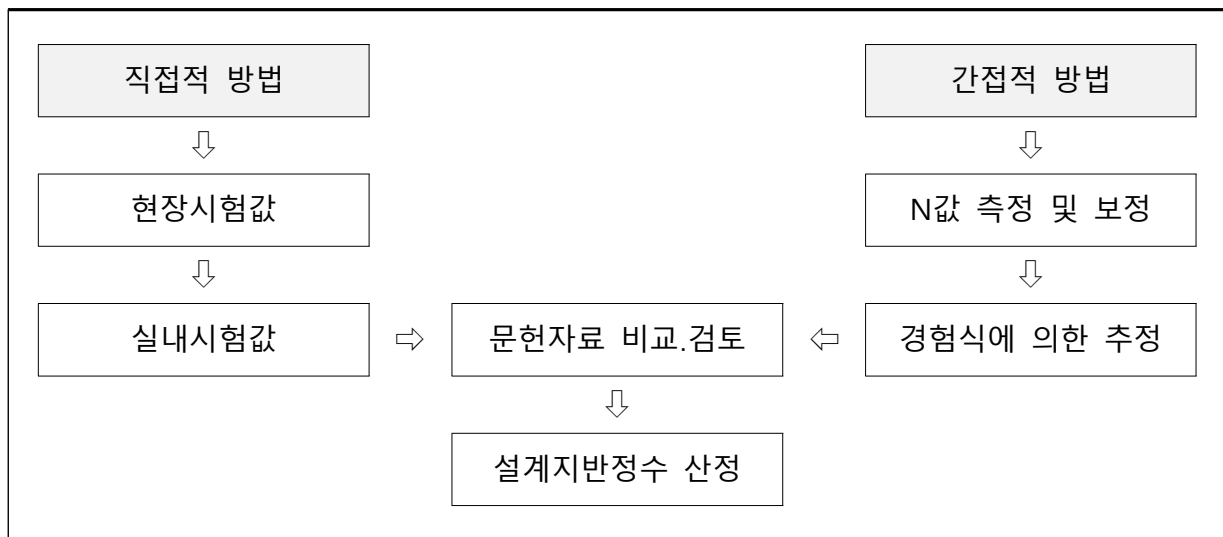
| 구 분 | 기준안전율                  | 참조                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 건기  | FS>1.5                 | 지하수가 없는 것으로 해석                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 우기  | FS>1.2<br>또는<br>FS>1.3 | <ul style="list-style-type: none"> <li>연암 및 경암 등으로 구성된 암반비탈면의 경우, 인장균열 내 지하수 포화 높이나 활동면을 따라 지하수로 포화된 비탈면 높이의 1/2심도까지 지하수를 위치시키고 해석을 수행하며 이 경우 FS=1.2를 적용</li> <li>지하수위를 결정하여 해석하는 경우에는 현장 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 고려하여 지하수위를 결정하고 안정해석을 수행하며, 지하수위를 결정한 근거를 명확히 기술 (FS=1.2적용)</li> <li>침투를 고려한 안정해석을 실시하는 경우에는 현장 지반조사 결과, 지형조건, 배수조건과 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 안정해석을 실시하며, 해석시 적용한 설계정수와 해석방법을 명확히 기술 (FS=1.3적용)</li> </ul> |
| 지진시 | FS>1.1                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴</li> <li>실제측정 또는 평상시의 지하수위 적용</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

### 다. 지반정수 산정

#### 1) 지반정수

대상지역의 지반-구조물의 상호작용에 따른 안정성을 평가하기 위해 현장조사결과를 토대로 경험식, 기존 적용사례 결과를 비교.분석하여 토사 및 암반의 지반정수를 적용하였다.

#### 2) 지반정수 산정흐름



#### 3) 토사/풍화암의 지반정수 산정

##### ① 단위중량 및 강도정수

- 문헌자료 검토

【표 47.61】 지반조사편람(서울시, 1996)

| 지반명 | 단위중량<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 점착력<br>c (MPa) | 내부마찰각<br>(°) | 변형계수<br>D(×10 <sup>3</sup> kN/m <sup>2</sup> ) | 포아송비      |
|-----|------------------------------|----------------|--------------|------------------------------------------------|-----------|
| 풍화토 | 17~20                        | 0.00~0.01      | 25~30        | 20~40                                          | 0.5       |
| 풍화암 | 20~22                        | 0.01~0.03      | 30~35        | 100~200                                        | 0.3~0.4   |
| 연 암 | 23~25                        | 0.03~0.06      | 30~40        | 200~400                                        | 0.25~0.30 |
| 보통암 | 24~26                        | 0.06~0.15      | 35~40        | 400~1,000                                      | 0.25      |
| 경 암 | 25~27                        | 0.15~0.20      | 35~45        | 1,000~4,000                                    | 0.2       |

【표 47.62】 국도건설공사 설계실무요령(국토해양부, 2008)

| 종 류              |                | 재료의 상태                            |          | 단위<br>중량<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 내 부<br>마찰각<br>φ(°) | 점착력<br>c(MPa) | 분류기호<br>(통일분류)   |
|------------------|----------------|-----------------------------------|----------|----------------------------------|--------------------|---------------|------------------|
| 흙<br>쌓<br>기      | 자갈 및<br>자갈섞인모래 | 다진것                               |          | 20                               | 40                 | 0.00          | GW, GP           |
|                  | 모 래            | 다진것                               | 입도가 좋은 것 | 20                               | 35                 | 0.00          | SW, SP           |
|                  |                |                                   | 입도가 나쁜 것 | 19                               | 30                 | 0.00          |                  |
|                  | 사 질 토          | 다진것                               |          | 18                               | 25                 | 0.03이하        | SW, SC           |
|                  | 점 성 토          | 다진것                               |          | 18                               | 15                 | 0.05이하        | ML, CL<br>MH, CH |
| 자<br>연<br>지<br>반 | 자 갈            | 밀실한 것, 입도가 좋은 것                   |          | 20                               | 40                 | 0.00          | GW, GP           |
|                  |                | 밀실치 않은 것, 입도가 나쁜 것                |          | 18                               | 35                 | 0.00          |                  |
|                  | 자갈섞인 모래        | 밀실한 것                             |          | 18                               | 40                 | 0.00          | GW, GP           |
|                  |                | 밀실치 않은 것                          |          | 19                               | 35                 | 0.00          |                  |
|                  | 모 래            | 밀실한 것, 입도가 좋은 것                   |          | 20                               | 35                 | 0.00          | SW, SP           |
|                  |                | 밀실치 않은 것, 입도가 나쁜 것                |          | 18                               | 30                 | 0.00          |                  |
|                  | 사 질 토          | 밀실한 것                             |          | 19                               | 30                 | 0.03이하        | SM, SC           |
|                  |                | 밀실치 않은 것                          |          | 17                               | 25                 | 0.00          |                  |
|                  | 점 성 토          | 굳은 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감. N=8~15) |          | 18                               | 25                 | 0.05이하        | ML, CL           |
|                  |                | 약간 무른 것(손가락 중간정도의 힘으로 들어감. N=4~8) |          | 17                               | 20                 | 0.03이하        |                  |
|                  |                | 무른 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감. N=2~4)  |          | 17                               | 20                 | 0.015이하       |                  |
|                  | 점토 및 실트        | 굳은 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감. N=8~15) |          | 17                               | 20                 | 0.05이하        | CH, MH<br>ML     |
|                  |                | 약간 무른 것(손가락 중간정도의 힘으로 들어감. N=4~8) |          | 16                               | 15                 | 0.03이하        |                  |
|                  |                | 무른 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감. N=2~4)  |          | 14                               | 10                 | 0.015이하       |                  |

【표 47.63】 Geotechnical Engineering Investigation(Roy E. Hunt, 1987)

| 흙의 종류                         | 다짐도  | Dr,% | N   | $\gamma_{dry}$<br>(gf/cm <sup>3</sup> ) | 간극비<br>e | 내부<br>마찰각( $\phi$ ) |
|-------------------------------|------|------|-----|-----------------------------------------|----------|---------------------|
| GW<br>(입도분포가 좋은 자갈, 자갈-모래 혼합) | 조 밀  | 75   | 90  | 2.21                                    | 0.22     | 40                  |
|                               | 중간조밀 | 50   | 55  | 2.08                                    | 0.28     | 36                  |
|                               | 느 슨  | 25   | <28 | 1.97                                    | 0.36     | 32                  |
| GP<br>(입도분포가 나쁜 자갈, 자갈-모래 혼합) | 조 밀  | 75   | 70  | 2.04                                    | 0.33     | 38                  |
|                               | 중간조밀 | 50   | 50  | 1.92                                    | 0.39     | 35                  |
|                               | 느 슨  | 25   | <20 | 1.83                                    | 0.47     | 32                  |
| SW<br>(입도분포가 좋은 모래, 자갈질 모래)   | 조 밀  | 75   | 65  | 1.89                                    | 0.43     | 37                  |
|                               | 중간조밀 | 50   | 35  | 1.79                                    | 0.49     | 34                  |
|                               | 느 슨  | 25   | <15 | 1.70                                    | 0.57     | 30                  |
| SP<br>(입도분포가 나쁜 모래, 자갈질 모래)   | 조밀   | 75   | 50  | 1.76                                    | 0.52     | 36                  |
|                               | 중간조밀 | 50   | 30  | 1.67                                    | 0.60     | 33                  |
|                               | 느 슨  | 25   | <10 | 1.59                                    | 0.65     | 29                  |
| SM<br>(실트질 모래)                | 조밀   | 75   | 45  | 1.65                                    | 0.62     | 35                  |
|                               | 중간조밀 | 50   | 25  | 1.55                                    | 0.74     | 32                  |
|                               | 느 슨  | 25   | <8  | 1.49                                    | 0.80     | 29                  |
| ML<br>(무기질 실트, 매우세립한 모래)      | 조밀   | 75   | 35  | 1.49                                    | 0.80     | 33                  |
|                               | 중간조밀 | 50   | 20  | 1.41                                    | 0.90     | 31                  |
|                               | 느 슨  | 25   | <4  | 1.35                                    | 1.00     | 27                  |

◦ 경험식에 의한 방법

【표 47.64】 경험식에 의한 점착력 및 내부마찰각 산정식

| 점착력 산정식       |                         | 내부마찰력 산정식 |                          |
|---------------|-------------------------|-----------|--------------------------|
| $\phi = 0$    | $c = \frac{q_u}{2}$     | Dunham    | $\phi = \sqrt{12N} + 20$ |
| Dunham        | $q_u = \frac{N}{7.7}$   | Peck      | $\phi = 0.3N + 27$       |
| Terzaghi-Peck | $q_u = \frac{N}{8}$     | Ohsaki    | $\phi = \sqrt{12N} + 15$ |
| Ohsaki        | $q_u = 4 + \frac{N}{2}$ | 도로교시방서    | $\phi = \sqrt{15N} + 15$ |

◦ 기존 설계자료

【표 47.65】 기존 설계자료에 의한 점착력 및 내부마찰각 산정식

| 구 분                          | 지 층     | 단위중량(kN/m <sup>3</sup> ) | 내부마찰각(°) | 점착력c(kPa) | 비고 |
|------------------------------|---------|--------------------------|----------|-----------|----|
| 상주~영천간<br>고속도로 건설공사<br>(8공구) | 풍화(잔적)토 | 18                       | 29       | 16        |    |
|                              | 풍화암     | 20                       | 30       | 30        |    |
|                              | 경 암     | 26                       | 35       | 1,500     |    |

#### 4) 기반암의 지반정수 산정

##### ① 단위중량 및 강도정수

◦ 문헌자료 검토

【표 47.66】 Rock Slope Engineering(E. Hoek & J.W.Bary)

| 암 종                         | 단위중량(kN/m <sup>3</sup> ) | 내부마찰각(°) | 점착력(kN/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------|--------------------------|----------|-------------------------|
| 화 성 암<br>(화강암, 현무암 등)       | 25~30                    | 35~45    | 35,000~55,000           |
| 변 성 암<br>(규암, 편마암, 슬레이트)    | 25~28                    | 30~40    | 20,000~40,000           |
| 건고한 퇴적암<br>(석회암, 백운암, 사암)   | 23~28                    | 35~45    | 10,000~30,000           |
| 연약한 퇴적암<br>(사암, 석탄, 백악, 셰일) | 17~23                    | 25~35    | 1,000~20,000            |

【표 47.67】 국내 암석의 실내시험 결과(지반공학회지)

| 암종                           | 화강암               | 편마암       | 사암                | 셰일                | 석회암               | 응회암              |
|------------------------------|-------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 단위중량<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 26.1±0.5          | 26.3~27.7 | 26.7±0.8          | 27.3±1.0          | 27.3±1.0          | 27.3~25.6        |
| 점착력<br>(kN/m <sup>2</sup> )  | 13,500<br>~25,000 | -         | 15,000<br>~40,000 | 10,000<br>~25,000 | 15,000<br>~34,000 | 4,000<br>~15,000 |
| 내부마찰각<br>(°)                 | 51~65             | -         | 35~54             | 18~29             | 35~50             | 35~45            |

주)시료수 : 화강암(162~2,123), 편마암(117), 사암(494), 셰일(354), 석회암(150), 응회암(33)

【표 47.68】 암반의 전단강도 지수(한국도로공사, 도로설계실무편람)

| 암석종류<br>(강도)                                     | 암 반 파 쇄 상 태                          |           | 굴 단 이 초       | 암반의전단강도지수     |                           |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------|---------------|---------------|---------------------------|
|                                                  | NX 시 추 시<br>(Double Core Barrel 사용시) |           |               | $\phi$<br>(°) | C<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|                                                  | T.C.R (%)                            | R.Q.D (%) |               |               |                           |
| 강한 풍화암<br>으로서 파쇄<br>가 거의 없는<br>경우와 대부<br>분의 연.경암 | 20~30%                               | 10~25%    | 발파암반<br>(연암)  | 33            | 130                       |
|                                                  | 40~50%                               | 25~35%    | 발파암반<br>(보통암) | 35            | 150                       |
|                                                  | 70% 이상                               | 40~50%    | 발파암반<br>(경암)  | 40            | 200                       |

◦ 경험식에 의한 방법

【표 47.69】 Bieniawski(1989)

| 구 분           | 강도정수 산정식                                              |
|---------------|-------------------------------------------------------|
| 점착력( $C_m$ )  | $-0.051 + 0.008RMR - 3.346 \times 10^{-5}RMR^2$ (MPa) |
| 마찰각( $\phi$ ) | $-0.086 + 0.7891RMR - 0.0031RMR^2$ (degree)           |

【표 47.70】 Trueman (1988)

| 구 분           | 강도정수 산정식                  |
|---------------|---------------------------|
| 점착력( $C_m$ )  | $0.25\exp(0.05RMR)$ (Mpa) |
| 마찰각( $\phi$ ) | $0.5RMR + 5$ (degree)     |

【표 47.71】 김교원 (1993)

| 구 분           | 강도정수 산정식                      |
|---------------|-------------------------------|
| 점착력( $C_m$ )  | $0.02\exp(0.08RMR^*)$ (Mpa)   |
| 마찰각( $\phi$ ) | $0.25(RMR^*) + 27.5$ (degree) |

RMR\* 는 총RMR에서 지하수상태 및 절리방향 보정을 제외함

## 5) 적용 지반정수 요약

| 지층  | 단위중량<br>kN/m <sup>3</sup> | 내부마찰각<br>° | 점착력<br>kPa | 프와송비 | 비 고 |
|-----|---------------------------|------------|------------|------|-----|
| 풍화토 | 18                        | 29         | 16         | 0.3  |     |
| 풍화암 | 20                        | 30         | 30         | 0.3  |     |
| 경 암 | 26                        | 32         | 1,500      | 0.3  |     |

## 6) 지반의 불포화 특성

실제 지반은 포화상태보다는 대부분 일정비율의 공기를 함유하고 있는 불포화상태이기 때문에 현실적인 해석결과를 검토하기 위해서는 불포화 특성이 고려된 비정상류 검토를 실시해야 한다. 다만 시험방법이 복잡하고 널리 알려지지 않아 수행에 다소의 어려움이 있어 현장여건을 최대한 반영하기 위해 관련 문헌자료를 이용하여 산정하였다. 불포화 특성은 지반의 불포화영역에서 음의 간극수압 크기에 따라 투수계수 및 함수비(포화도) 변화를 정의하는 것으로 압력수두(음의간극수압)에 따른 투수함수와 함수비함수를 직접정의(개별고려)하는 방법과 압력수두-체적함수비(포화도)-투수계수비의 관계를 정의(동시고려)하는 방법이 있다.

## ① 개별고려

불포화토 실험자료를 바탕으로 각각 제공되는 함수종류에 따라 Curve Fitting을 통하여 계수를 정의한다.

## ② 동시고려

JICE(일본국토기술연구센터, 2007)기준에 따라 불포화토 특성재료의 자료를 설정 가능하다. 지반종류별 제공된 압력수두-체적함수율(포화도)-투수계수비 함수는 다음과 같다.

【표 47.72】 압력수두-체적함수율(포화도)-투수계수비

| 구 분 | 압력수두-체적함수율(포화도)-투수계수비 |                  |
|-----|-----------------------|------------------|
|     | 체적함수율-압력수두            | 체적함수율-투수계수비      |
| 역질토 | [G], [G-F], [GF]      | [G], [G-F], [GF] |
| 사질토 | [S], [S-F], [SF]      | [S], [S-F], [SF] |
| 점성토 | [M], [C]              | [M], [C]         |

## 7) 수리정수 산정

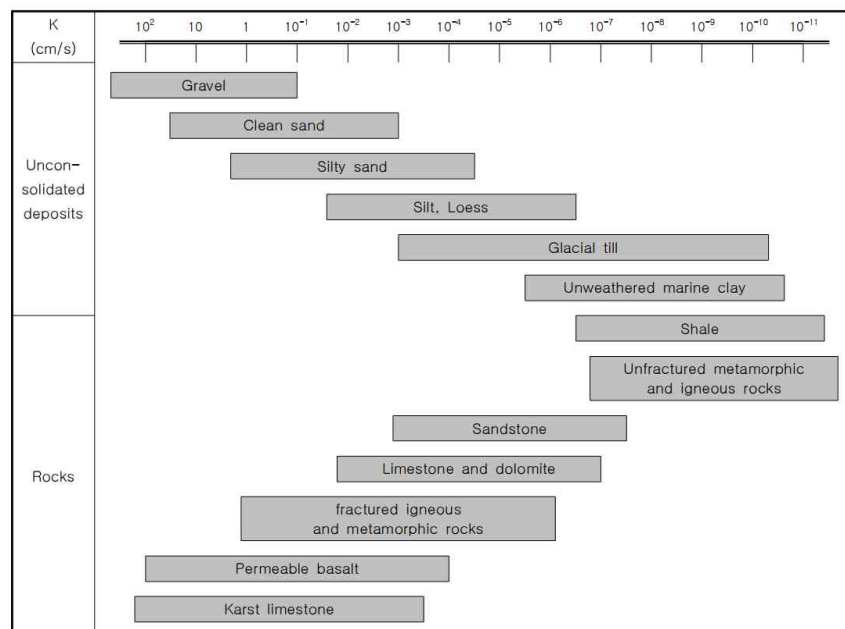
대상지역의 수리정수 즉 투수계수는 문헌자료를 수집하여 이를 비교, 분석하여 설정하였다.

【표 47.73】 대표적 투수계수

| 구 분 |        | 김 상 규(cm/sec)   | Braja M. Das(cm/sec) |
|-----|--------|-----------------|----------------------|
| 매립층 | 모래     | 1.0E-03~1.0     | 1.0E-03~1.0          |
|     | 자갈, 사석 | 1.0E-02~1.0     | 1.0E-02~1.0          |
| 퇴적층 | 점성토    | 1.0E-08~1.0E-03 | 1.0E-06이하            |
|     | 모래     | 1.0E-03~1.0     | 1.0E-03~1.0          |
| 풍화토 |        | 1.0E-06~1.0E-02 | -                    |

【표 47.74】 흙의 종류에 따른 일반적 투수계수(Rartick Power,1992)

| 흙의 종류      | 투수계수(cm/sec)    | 흙의 종류      |
|------------|-----------------|------------|
| 자갈(GP)     | 1.0 이상          | 양호한 모래(SW) |
| 균등한 자갈(GP) | 2.0E-01~1.0     | 실트질 모래(SM) |
| 양호한 자갈(GW) | 3.0E-02~5.0E-02 | 점토질 모래(SC) |
| 균등한 모래(SP) | 5.0E-03~2.0     | 실트(ML)     |



【표 47.8】 퇴적물 및 암종별 투수계수(Freeze &amp; Cherry, 1979)

## 라. 적용 강우강도

## 1) 강우강도

대상 비탈면에 적용된 강우강도는 한국확률강우량도의 지역별 확률강우량을 적용한다. 관측소가 없는 지역은 최인접 관측소의 확률강우량을 사용하되, 계획대상지점의 확률강우량을 이용하여 강우강도-지속시간-발생빈도 곡선(I.D.F 곡선, Intensity-Duration-Frequency)을 작성하여 최인접 관측소의 확률강우량과 비교 후 큰 값을 적용한다.

## 2) 설계강우빈도

## ① 도로배수시설 설계기준 KDS 44 40 00 : 2016

국가건설기준에 따른 도로배수시설의 설계빈도는 위험도·경제성 등을 고려하여 정하며, 구조물별 설계빈도의 적용은 다음 표와 같다.

【표 47.75】 도로배수시설 설계빈도

| 구분                               | 설계빈도                   | 적용위치 및 적용 방법                                               |
|----------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------|
| 본선 횡단암거 및 배수관<br>(도시지역, 산지부)     | 30년<br>(50년)<br>50년 이상 | · 일반구간<br>· 도심지, 도시계획구간<br>· 국지성 집중호우가 빈번히 발생하는 경우로 조사된 경우 |
| 노면 및 흙쌓기 비탈면 배수시설                | 10년<br>산지 : 20년        | · 길어깨 및 중분대 등 노면 배수시설<br>· 흙쌓기부 도수로, 땅깍기흙쌓기경계부 측구 등        |
| 측도 및 도로 인접지 배수시설<br>땅깍기 비탈면 배수시설 | 10년<br>산지 : 20년        | · 산마루 측구, 땅깍기부 도수로, 소단 측구<br>· 흙쌓기 비탈끝 배수시설, 수로이설          |
| 집수정 등 배수구조물 간 접속부                | 접속하는 시설물 중 빈도가 큰 값 적용  |                                                            |

## ② 비탈면배수시설 설계기준 KDS 11 70 25 : 2016

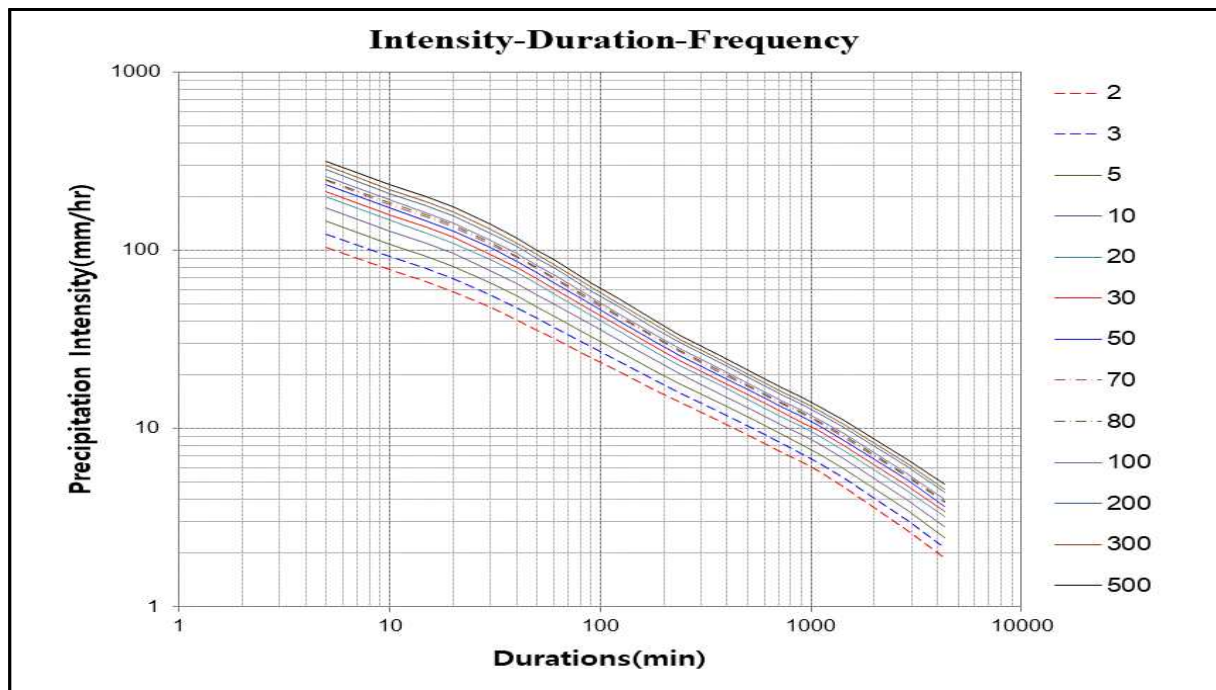
지표수 배수시설의 설계계획빈도는 평지부는 10년, 산지부는 20년을 원칙으로 하고 구역 및 설치간격을 정한다. 다만, 산악지, 도심지, 도시계획구간 등에 형성되는 비탈면에 대해서는 설계계획빈도를 별도로 정할 수 있으며 지역, 지형, 지질, 산사태, 토석류 및 유송잡물, 국지성 집중호우 발생빈도 등의 특성을 고려하여야 한다. 또한, 강우침투 해석시 고려된 설계강우빈도와 상호 연계되어야 한다.

## ③ 적용 강우빈도

대상 비탈면에 적용할 강우빈도는 적용하기 위해 도로배수시설 및 비탈면배수시설의 설계기준을 참조하였으며 일반적으로 비탈면 배수시설에 적용하는 설계빈도는 20년 내외로 검토되었다. 다만 대상 비탈면의 중요도를 고려하여 적용할 강우 재현기간을 100년으로 선정하였다. 강우지속시간은 24시간을 기준으로 사용하였다.

## 2) 확률강우량 및 IDF곡선

## ① 영천지역



【표 47.9】 영천지역 IDF곡선

| 영천(281) 지점의 확률강우강도(단위:mm/hr) |         |       |       |       |       |       |       |      |      |      |
|------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 재현기간<br>(년)                  | 지속시간(분) |       |       |       |       |       |       |      |      |      |
|                              | 5       | 10    | 15    | 20    | 30    | 40    | 50    | 60   | 90   | 120  |
| 2                            | 104.6   | 78.5  | 66.8  | 58.8  | 47.9  | 40.8  | 35.8  | 32.1 | 25.0 | 21.0 |
| 3                            | 123.9   | 93.0  | 79.1  | 69.4  | 56.3  | 47.7  | 41.7  | 37.2 | 28.8 | 24.0 |
| 5                            | 145.6   | 108.8 | 92.6  | 81.2  | 65.7  | 55.5  | 48.3  | 43.0 | 33.0 | 27.4 |
| 10                           | 173.4   | 128.6 | 109.4 | 96.0  | 77.4  | 65.2  | 56.6  | 50.2 | 38.3 | 31.6 |
| 20                           | 199.8   | 147.5 | 125.6 | 110.1 | 88.7  | 74.6  | 64.6  | 57.2 | 43.3 | 35.6 |
| 30                           | 214.3   | 158.6 | 135.0 | 118.4 | 95.2  | 79.9  | 69.2  | 61.2 | 46.2 | 37.9 |
| 50                           | 233.5   | 172.2 | 146.6 | 128.5 | 103.3 | 86.6  | 74.9  | 66.1 | 49.9 | 40.8 |
| 70                           | 245.6   | 181.1 | 154.3 | 135.2 | 108.7 | 91.1  | 78.6  | 69.4 | 52.2 | 42.7 |
| 80                           | 250.4   | 185.0 | 157.4 | 137.9 | 110.8 | 92.8  | 80.1  | 70.7 | 53.2 | 43.5 |
| 100                          | 258.8   | 191.0 | 162.6 | 142.4 | 114.4 | 95.7  | 82.6  | 72.9 | 54.8 | 44.7 |
| 200                          | 283.0   | 209.1 | 178.1 | 156.1 | 125.2 | 104.7 | 90.2  | 79.5 | 59.6 | 48.6 |
| 300                          | 298.6   | 219.9 | 187.3 | 164.1 | 131.6 | 110.0 | 94.8  | 83.5 | 62.5 | 50.9 |
| 500                          | 316.7   | 233.6 | 198.9 | 174.2 | 139.7 | 116.7 | 100.4 | 88.4 | 66.1 | 53.7 |

확률강우강도(mm/hr)

【표 47.10】 영천지역 확률강우강도(한국 확률강우량정보 제공)

## 마. 지진시 비탈면 안정해석

### 1) 비탈면의 내진등급 및 성능목표

비탈면의 내진등급은 상위개념 내진설계기준을 준용하여 비탈면이 속해있는 주 구조물의 내진등급에 따라 I 등급, II등급으로 구분하며 다음 원칙에 따라 결정한다. 비탈면의 붕괴가 주구조물의 구조적 안정성에 직접적인 영향을 미치지 않는으나 기능성 혹은 운영상에 일시적인 영향을 미치는 경우에는 주구조물 보다 한등급 아래의 내진등급을 적용한다. 또한 비탈면의 내진성능수준은 붕괴방지수준(비탈면 설계기준, 2011)으로 이는 비탈면에 인장균열, 부분적 탈락, 배부름 등의 파괴징조는 나타나지만 이로 인해 주구조물의 구조적 성능과 기능적인 역할에 피해를 유발시키지 않는 성능수준이다. 따라서 대상시설물은 주구조물이 고속도로인 내진 I 등급에 해당되며 비탈면 붕괴가 발생할 경우 주구조물의 기능성 혹은 운영상에 일시적인 영향을 받으므로 주구조물과 같은 등급인 내진 I 등급으로 선정하였다.

| 구조물분류 | 등급구분    | 적용대상                                                                                                                                                                       |
|-------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 도로교   | 내진특등급   | 내진 I 등급 중 복구난이도가 높고 경제·사회적으로 특별한 교량 (장대교량)                                                                                                                                 |
|       | 내진 I 등급 | <ul style="list-style-type: none"> <li>고속도로, 자동차전용도로, 특별시도, 광역시도, 일반국도상의 교량</li> <li>지방도, 시도, 군도 중 방제계획상 필요한 도로에 건설된 교량</li> <li>내진 I 등급교가 건설되는 도로 위를 지나가는 고가교량</li> </ul> |
|       | 내진II등급  | 내진특등급, 내진 I 등급에 포함되지 않는 교량                                                                                                                                                 |
| 고속철도  | 내진특등급   | 내진 I 등급 중 복구난이도가 높고 경제·사회적으로 특별히 중요한 구조물                                                                                                                                   |
|       | 내진 I 등급 | 교량, 고가역사, 지하터널역사, 터널, 전차선 및 전주                                                                                                                                             |
|       | 내진II등급  | 이외의 구조물                                                                                                                                                                    |
| 공항구조물 | 내진특등급   | 관제탑, 구조 및 소방시설                                                                                                                                                             |
|       | 내진 I 등급 | 교량, 지하구조물, 비행장시설, 도로, 건축물 등                                                                                                                                                |
|       | 내진II등급  | 하수도, 화물창고, 화물터미널                                                                                                                                                           |
| 항만구조물 | 내진 I 등급 | 항구의 입지적, 전략적 요건에 의해 주관적으로 분류                                                                                                                                               |
|       | 내진II등급  | 안벽, 제방 등 I 등급으로 할 필요가 없는 구조물                                                                                                                                               |
| 지중구조물 | 내진특등급   | <ul style="list-style-type: none"> <li>특별한 안전이 요구되는 시설</li> <li>긴급구조, 국방 및 치안유지에 필요한 구조물</li> </ul>                                                                        |
|       | 내진 I 등급 | 사회적 혼란이 야기되고 많은 인명, 재산피해를 주는 구조물                                                                                                                                           |
|       | 내진II등급  | 내진특등급, 내진 I 등급에 포함되지 않는 일반적인 구조물                                                                                                                                           |
| 댐     | 내진특등급   | 중규모이상으로서 파괴시 하류에 중규모이상의 피해가 야기되는 댐                                                                                                                                         |
|       | 내진 I 등급 | 소규모로서 파괴시 하류에 낮은 수준의 피해가 야기되는 댐                                                                                                                                            |
| 터널    | 내진특등급   | <ul style="list-style-type: none"> <li>긴급구조, 구호, 국방 및 치안유지에 필요한 터널</li> <li>내진특등급 구조물과 연계된 터널</li> </ul>                                                                   |
|       | 내진 I 등급 | 내진I등급 구조물과 연계된 터널                                                                                                                                                          |
|       | 내진II등급  | 그 외의 일반적인 터널                                                                                                                                                               |
| 도로    | 내진 I 등급 | 고속도로, 자동차전용도로, 특별시도, 광역시도, 일반국도                                                                                                                                            |
|       | 내진II등급  | 지방도, 시도, 군도                                                                                                                                                                |
| 철도구조물 | 내진특등급   | 내진 I 등급구조물중 복구난이도가 높고 경제사회적으로 중요한 구조물                                                                                                                                      |
|       | 내진 I 등급 | 국방, 치안유지 및 국가산업 활동에 중요역할을 하는 철도선상이나 도시지하철상의 교량,고가역사,지하철터널역사,터널,전차선 및 전주                                                                                                    |
|       | 내진II등급  | 내진특등급, 내진 I 등급에 포함되지 않는 구조물                                                                                                                                                |
| 건축물   | 내진특등급   | 방송국, 유독폭발성물질을 다량보관하는 구조물                                                                                                                                                   |
|       | 내진 I 등급 | 소방서, 경찰서, 종합병원, 통신시설, 발전소, 바닥면적 5000㎡이상인 집회시설, 바닥면적 10000㎡이상인 판매시설, 내진특등급 구조물을 지원하기 위해 필요한 시설물, 교육용건물, 교도소 및 구급시설, 6층 이상의 아파트나 숙박시설, 공공건물중 지진진후로 가동되어야 하는 건축물              |
|       | 내진II등급  | 내진특등급, 내진 I 등급에 포함되지 않는 건축물                                                                                                                                                |

【표 47.11】 구조물의 등급분류와 등급별 적용대상 (내진설계기준연구, 1997)

【표 47.76】 설계지반운동 수준

| 구 분    | 특등급          | I 등급         | II등급        |
|--------|--------------|--------------|-------------|
| 붕괴방지수준 | 평균재현주기 2400년 | 평균재현주기 1000년 | 평균재현주기 500년 |
|        | -            | 해당           | -           |

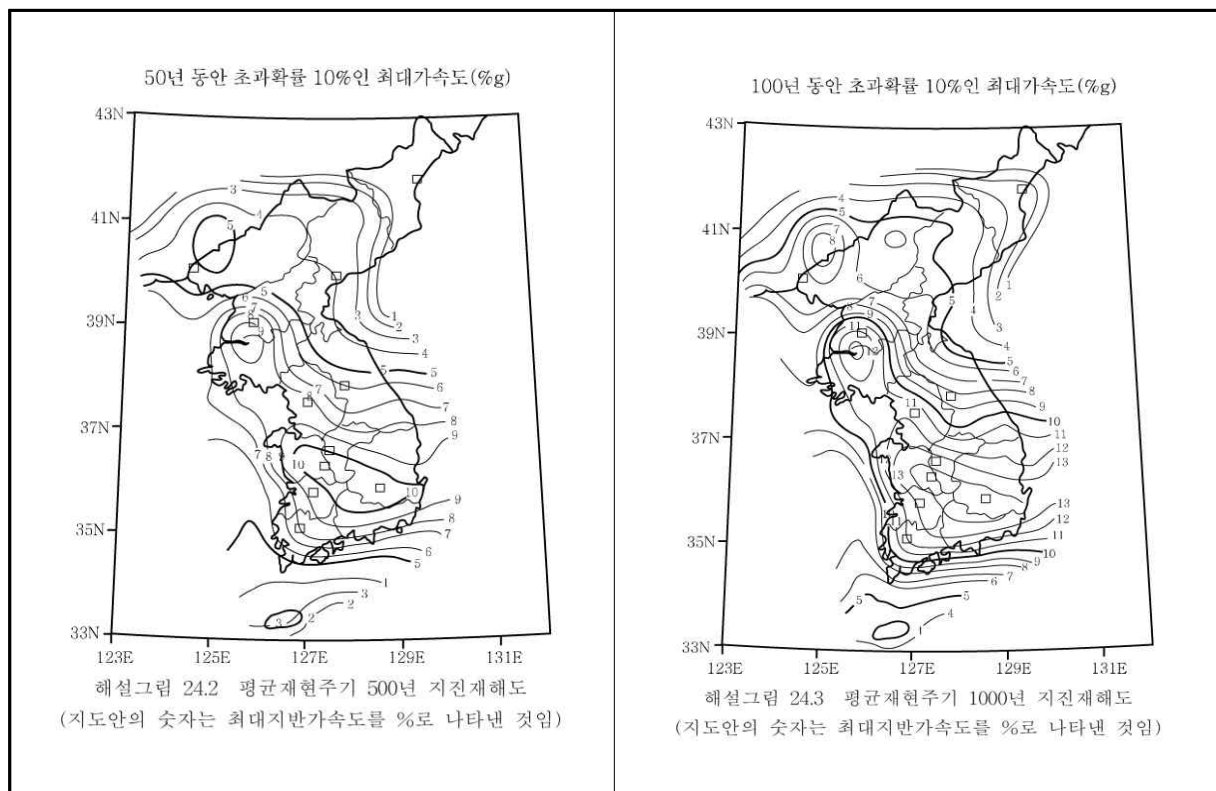
## 2) 설계지반운동

## ① 지반가속도계수

지반가속도계수는 지표면 자유장 최대가속도로 해당 지역의 보통암 암반노두를 기준으로 평가하며 지표면에서의 지반가속도계수는 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려해야 한다. 다만 깎기비탈면의 경우 보통암 상태의 노두가 노출되는 경우는 지진재해도 및 지진구역도에서 제시하는 지반가속도계수를 직접적으로 이용할 수 있다.

## ② 지진재해도를 이용한 지반가속도계수의 산정

지진의 평균 재현주기별로 작성된 지진재해도를 활용하여 비탈면의 내진등급에 따른 지반가속도계수를 산정한다.



【표 47.12】 평균재현주기 500년 및 1000년 지진재해도

## ③ 지진구역도를 이용한 지반가속도계수의 산정

비탈면이 위치한 지역의 지진구역계수와 내진등급별 재현주기에 따른 위험도계수의 곱으로 지반가속도계수를 산정한다.

【표 47.77】 지진구역 구분 및 지진구역계수(재현주기 500년)

| 지진<br>구역 | 행정구역 |                                                           | 지진구역계수(g) |
|----------|------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| Ⅰ        | 시    | 서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시           | 0.11      |
|          | 도    | 경기도, 강원도 남부(1), 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부(2) |           |
| Ⅱ        | 도    | 강원도 북부(3), 전라남도 남서부(4), 제주도                               | 0.07      |

(1) 강원도 남부(군, 시) : 영월, 정선, 삼척시, 강릉시, 동해시, 원주시, 태백시

(2) 전라남도 북동부(군, 시) : 장성, 담양, 곡성, 구례, 장흥, 보성, 화순, 광양시, 나주시, 여수시, 순천시

(3) 강원도 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천시, 속초시

(4) 전라남도 남서부(군, 시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평, 목포시

【표 47.78】 지진구역 구분 및 지진구역계수(재현주기 1000년)

| 재현주기  | 50년 | 100년 | 200년 | 500년 | 1000년 | 2400년 |
|-------|-----|------|------|------|-------|-------|
| 위험도계수 | 0.4 | 0.57 | 0.73 | 1.00 | 1.40  | 2.0   |

지진구역계수는 각 지진구역별로 평균재현주기 1000년을 기준으로 결정되었으므로 위험도 계수를 이용하여 다른 재현주기에서의 구역별 최대 유효지반가속도를 결정한다.

지역별 최대 유효지반 가속도,  $g_{값}$  = 지진구역계수 × 위험도 계수

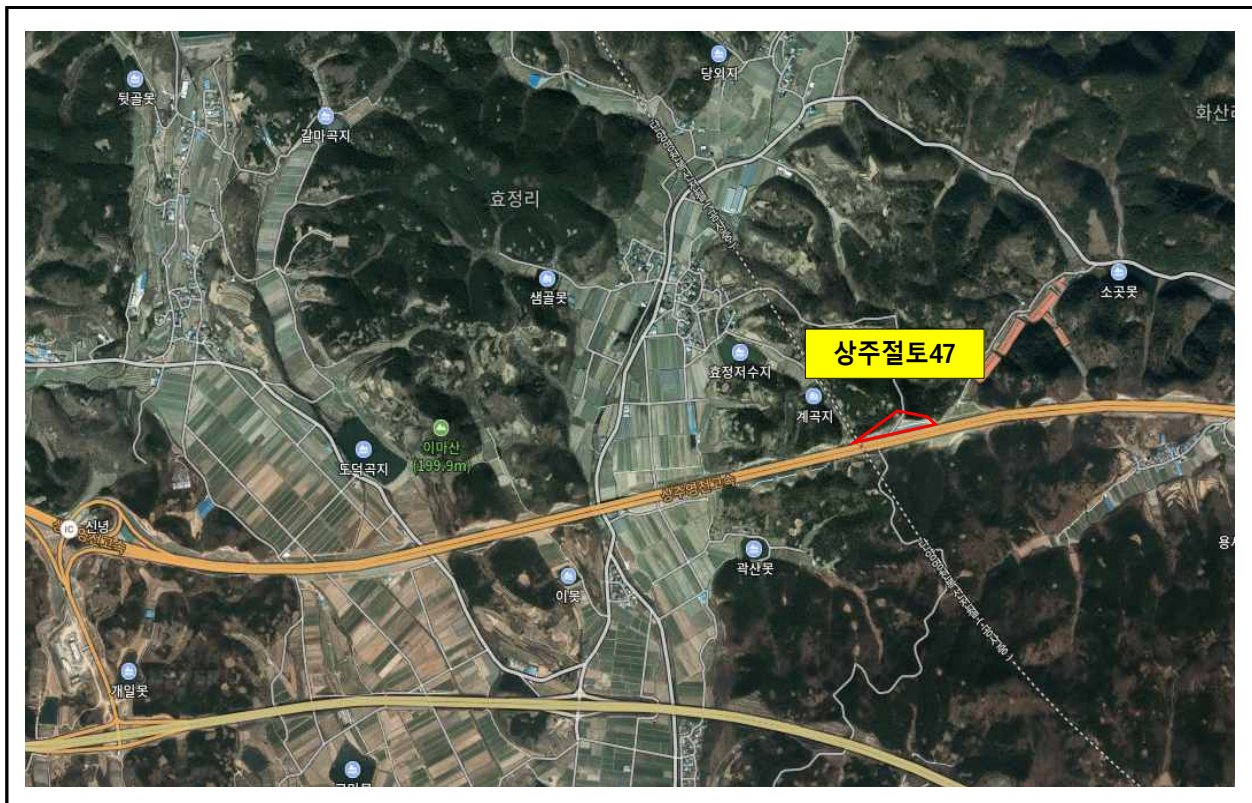
## 3) 지진가속도계수 선정

대상 비탈면의 주구조물은 고속도로로서 비탈면 붕괴가 주구조물의 구조적 안정성에 직접적인 영향을 미치므로 내진등급1등급으로 평가된다. 따라서 지진구역은 I구역으로 재현주기에 따른 위험도계수를 고려한 결과 지진가속도계수는 0.154g이다. 이는 수평방향의 성분으로서 수직방향의 성분의 지진계수는 수평방향의 2/3을 적용한다.(구조동역학(2005) 김두기 : 2/3, 일본기준 : 1/2로 제안)

## 마. 비탈면 검토구간 및 현황

【표 47.79】 검토대상 비탈면구간 및 현황

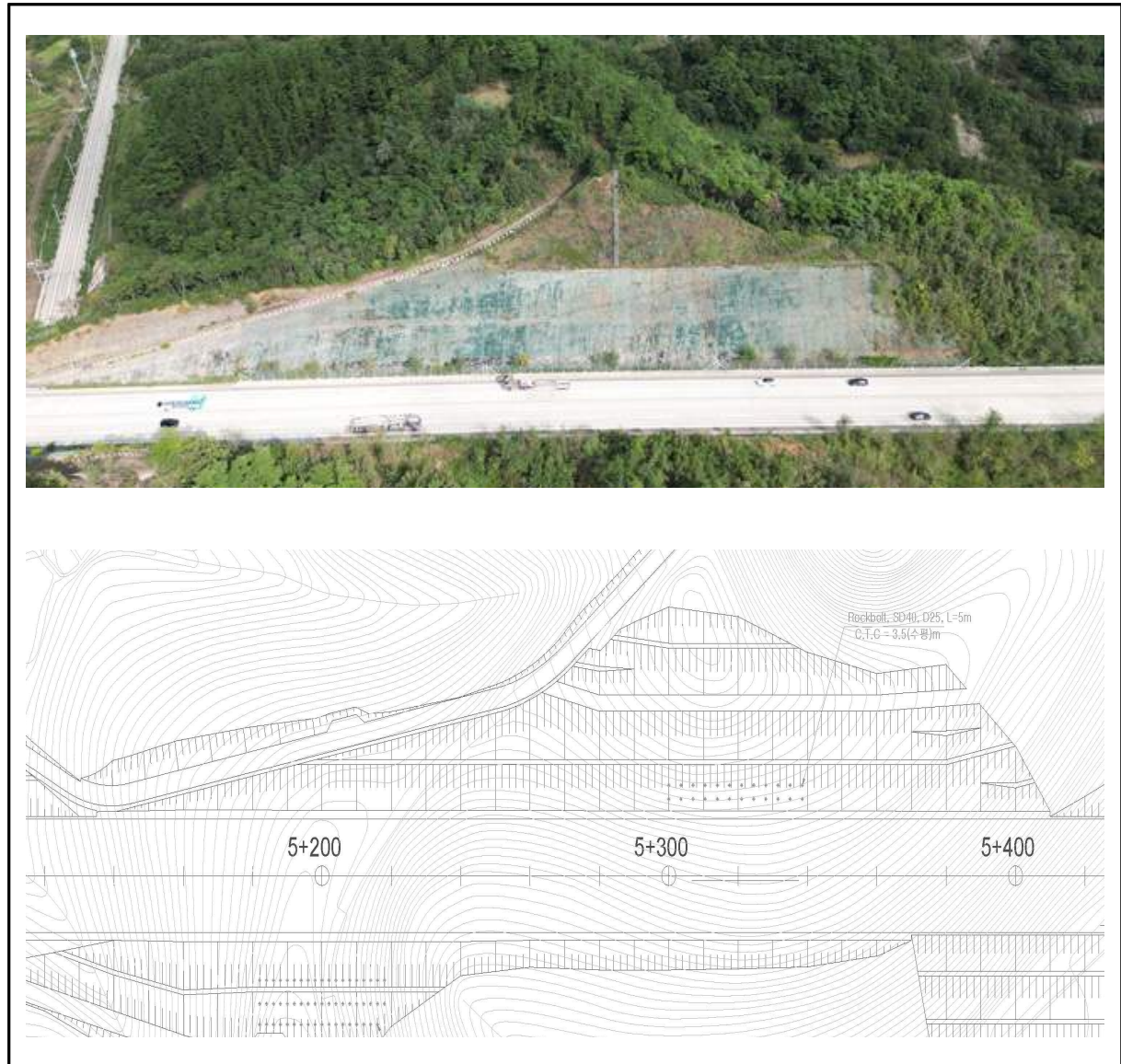
| 구조물명   | 위치                  | 이정<br>(km)            | 대표구간       | 비탈면 현황    |            |      |          | 준공<br>년도 | 경사/경<br>사<br>방향 |
|--------|---------------------|-----------------------|------------|-----------|------------|------|----------|----------|-----------------|
|        |                     |                       |            | 높이<br>(m) | 토사/<br>풍화암 | 암반   | 보강<br>형식 |          |                 |
| 상주절토47 | 경상북도 영천시<br>화산면 화산리 | 70.498<br>~<br>70.778 | STA.70+668 | 42.0      | 3.0        | 39.0 | -        | 2017     | 45/167          |
|        |                     |                       | STA.70+688 | 42.0      | 3.0        | 39.0 | -        | 2017     | 45/167          |



【표 47.13】 상주절토47 검토대상 비탈면구간

## 사. 상주절토47 비탈면 안정성검토

## 1) 세부위치



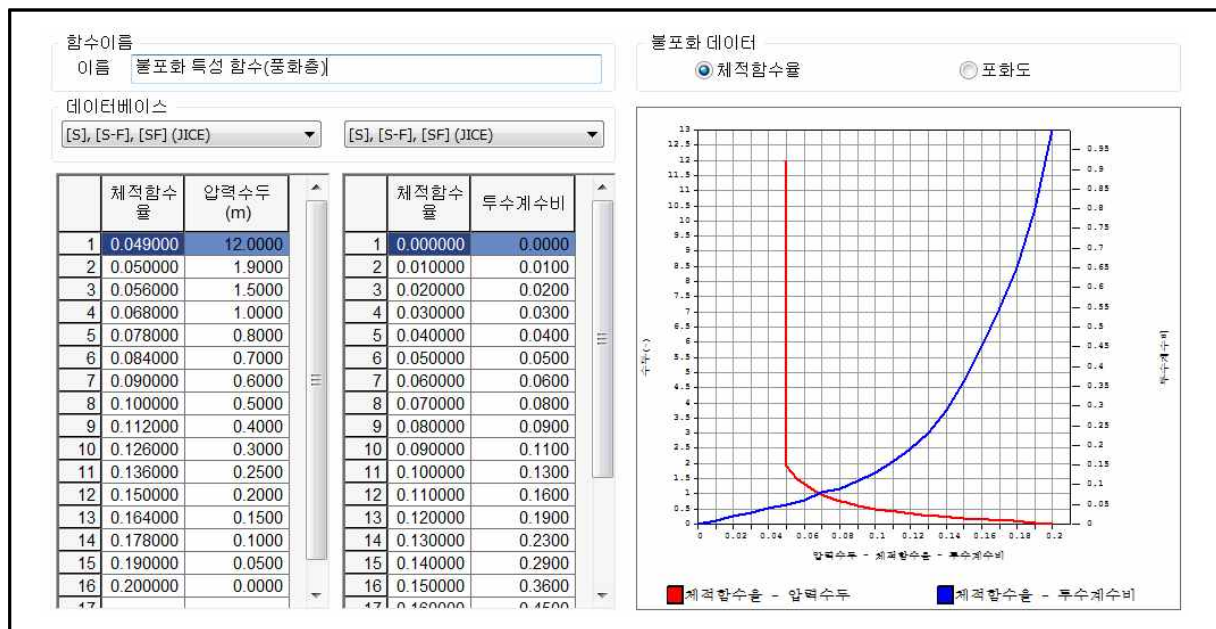
&lt;그림 47-14&gt; 상주절토47 검토대상 비탈면구간

## 2) 적용 지반정수

지반 정수값은 대상시설물의 실시설계 지반조사보고서 및 주변에서 실시한 지반보고서를 비교, 분석하여 현장 시험값을 기초로 일반적 안전측으로 적용하였다. 투수계수는 문헌자료를 검토하여 일반적인 값을 적용하였다.

| 지층  | 단위중량<br>kN/m <sup>3</sup> | 내부마찰각<br>° | 점착력<br>kPa | 투수계수<br>cm/sec | 비 고 |
|-----|---------------------------|------------|------------|----------------|-----|
| 풍화토 | 18                        | 29         | 16         | 1.0E-03        |     |
| 풍화암 | 20                        | 30         | 30         | 1.0E-04        |     |
| 경암  | 26                        | 35         | 1,500      | 1.0E-05        |     |

지반의 불포화토 특성은 JICE(일본국토기술연구센터, 2007)기준을 적용하였으며 대상지역의 풍화토 및 풍화암의 주된 성분이 실트질 모래 또는 모래섞인 실트로 JICE 기준의 사질토로 구분하여 적용하였다.

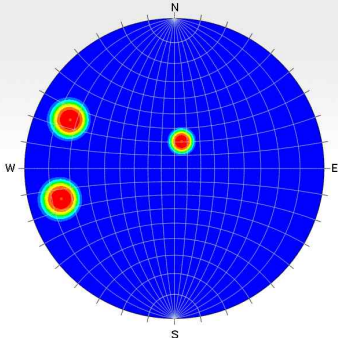


<그림 47-15> 압력수두-체적함수(포화도)-투수계수비 함수

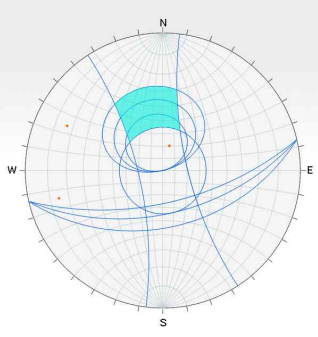
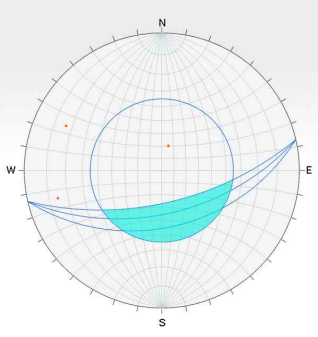
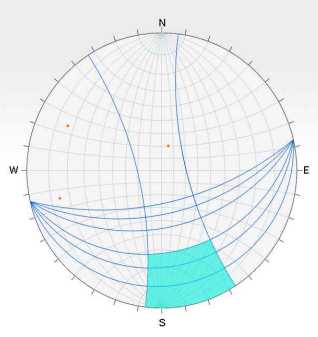
## 3) 1구간 (STA.70+498 ~ 70+678)

## ① 암반각기비탈면 안정성검토

◦ 불연속면 측정

| 구 분       | 점 검 결 과                                                                           |                              |                                          |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|
| 평사<br>투영도 |  | <b>dip</b><br>21<br>76<br>75 | <b>dip direction</b><br>195<br>75<br>115 |

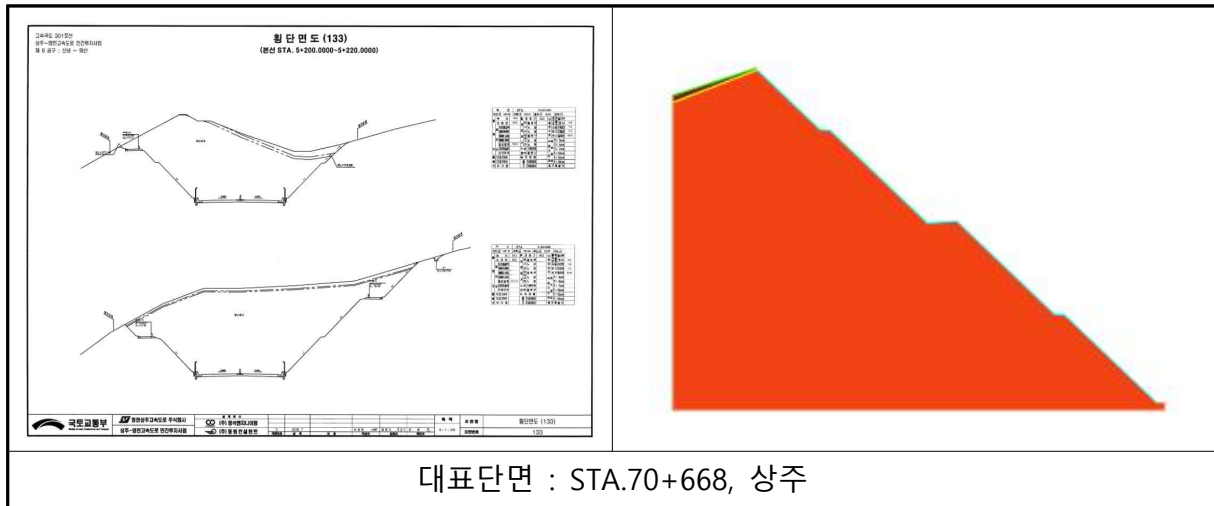
◦ 해석결과

| 평면파괴                                                                                | 쇄기파괴                                                                                | 전도파괴                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |

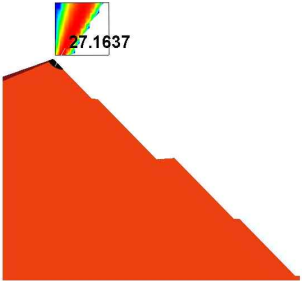
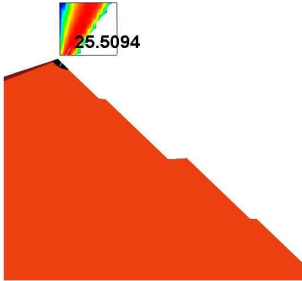
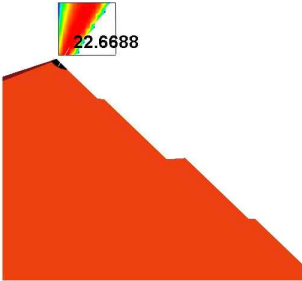
| 구 분  | 평면파괴                                                                                               | 쇄기파괴 | 전도파괴 |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
| 해석결과 | 안정                                                                                                 | 안정   | 안정   |
| 평 가  | ● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음<br>● 쇄기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음<br>● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 |      |      |

## ② 토사각기비탈면 안정성검토

## ◦ 검토단면



## ◦ 해석결과

| 건기시                                                                                 | 우기시                                                                                 | 지진시                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| 안전율 : 27.16                                                                         | 안전율 : 25.50                                                                         | 안전율 : 22.66                                                                           |

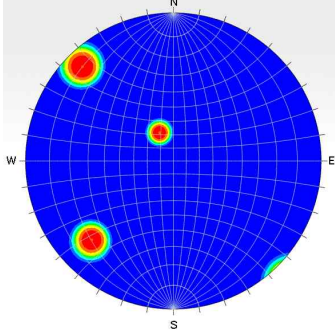
## ③ 1구간 비탈면 안정성검토 결과

| 구 분              | 검토 결과 |                                | 비 고 |
|------------------|-------|--------------------------------|-----|
| 암반구간<br>(평사투영해석) | 평면파괴  | 안정                             |     |
|                  | 쌓기파괴  | 안정                             |     |
|                  | 전도파괴  | 안정                             |     |
| 토사구간<br>(한계평형해석) | 건기시   | $F_s \geq 1.5 \Rightarrow O.K$ |     |
|                  | 우기시   | $F_s \geq 1.2 \Rightarrow O.K$ |     |
|                  | 지진시   | $F_s \geq 1.1 \Rightarrow O.K$ |     |

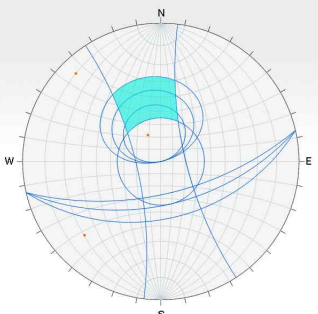
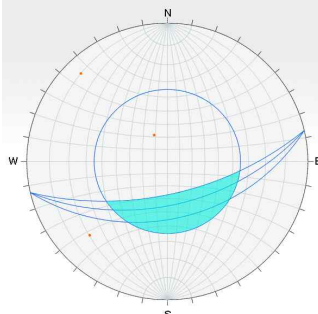
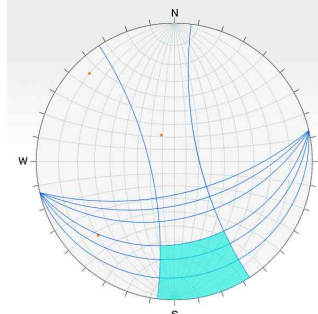
## 4) 2구간 (STA.70+678 ~ 70+778)

## ① 암반각기비탈면 안정성검토

◦ 불연속면 측정

| 구 분       | 점 검 결 과                                                                           |            |                      |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------|
| 평사<br>투영도 |  | <b>dip</b> | <b>dip direction</b> |
|           |                                                                                   | 24         | 154                  |
|           |                                                                                   | 75         | 46                   |
|           |                                                                                   | 83         | 136                  |

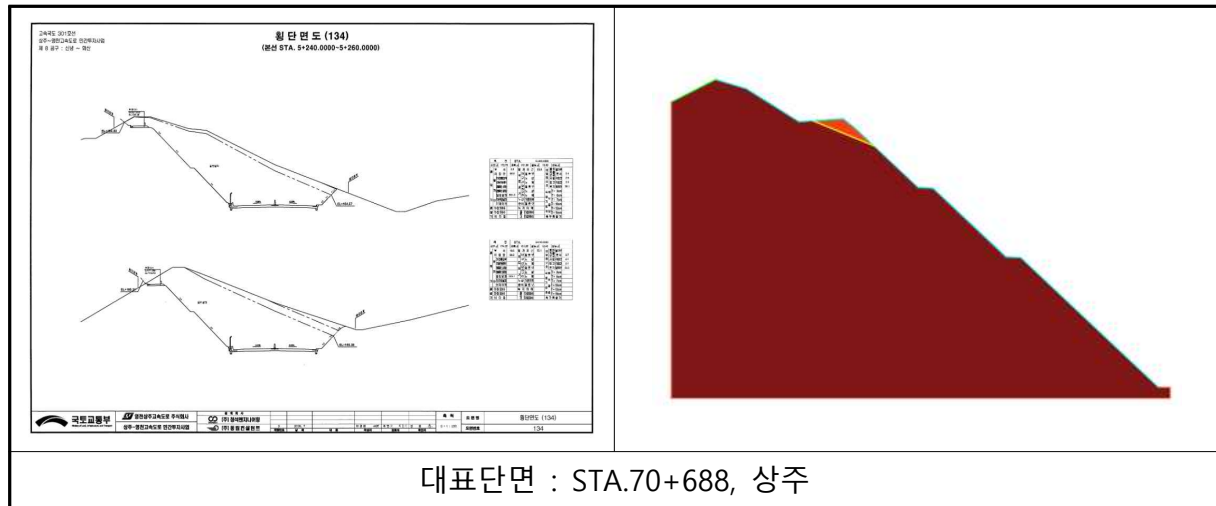
◦ 해석결과

| 평면파괴                                                                                | 쇄기파괴                                                                                | 전도파괴                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |

| 구 분  | 평면파괴                                                                                                                                                             | 쇄기파괴 | 전도파괴 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
| 해석결과 | 안정                                                                                                                                                               | 안정   | 안정   |
| 평 가  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음</li> <li>● 쇄기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음</li> <li>● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음</li> </ul> |      |      |

## ② 토사각기비탈면 안정성검토

## ◦ 검토단면



## ◦ 해석결과

| 건기시        | 우기시        | 지진시        |
|------------|------------|------------|
|            |            |            |
| 안전율 : 4.58 | 안전율 : 3.66 | 안전율 : 3.12 |

## ③ 2구간 비탈면 안정성검토 결과

| 구 분              | 검토 결과 |                                | 비 고 |
|------------------|-------|--------------------------------|-----|
| 암반구간<br>(평사투영해석) | 평면파괴  | 안정                             |     |
|                  | 쌓기파괴  | 안정                             |     |
|                  | 전도파괴  | 안정                             |     |
| 토사구간<br>(한계평형해석) | 건기시   | $F_s \geq 1.5 \Rightarrow O.K$ |     |
|                  | 우기시   | $F_s \geq 1.2 \Rightarrow O.K$ |     |
|                  | 지진시   | $F_s \geq 1.1 \Rightarrow O.K$ |     |

## 아. 안전성능평가 결과

구조안전성능평가는 설계 당시의 자료 및 금회 조사된 자료를 검토·분석하여 평가하기로 한다. 설계시 평사투영해석 결과 평면파괴, 전도파괴, 뺨기파괴에 대한 가능성이 없는 것으로 분석되었으며, 한계평형해석을 시행한 결과 건기 및 우기시 허용안전율을 상회하는 것으로 검토되었다. 금회 현장조사를 통한 평사투영해석 결과 각각의 파괴유형에 대해 안전한 것으로 분석되어 구조안전성능평가는 A등급으로 평가되었다.

【표 47.80】 구조안전성능평가 결과

| 구조안전성능 평가 결과 산정표     |      |        |       |                                |
|----------------------|------|--------|-------|--------------------------------|
| 시설물명                 |      | 상주절토47 |       |                                |
| 구성 재료                | 파괴유형 | 최소안전율  | 평가 결과 | 비 고                            |
| 암반구간<br>(평사투영<br>해석) | 평면파괴 | 안정     | a     | 평면파괴 가능성 없음                    |
|                      | 전도파괴 | 안정     | a     | 전도파괴 가능성 없음                    |
|                      | 뺨기파괴 | 안정     | a     | 뺨기파괴 가능성 없음                    |
| 토사구간<br>(한계평형<br>해석) | 건기시  | 4.58   | a     | $F_s \geq 1.5 \Rightarrow O.K$ |
|                      | 우기시  | 3.66   | a     | $F_s \geq 1.2 \Rightarrow O.K$ |
|                      | 지진시  | 3.12   | a     | $F_s \geq 1.1 \Rightarrow O.K$ |
| 구조안전성능평가 결과          |      | A      |       |                                |

### 47.4.3 안전성능평가 결과

안전성능 평가는 상태안전성능과 구조안전성능 평가를 실시하여 둘 중 낮은 등급 결과에 따라 최종등급을 결정하여 그에 대한 대책을 마련한다.

상태안전성능평가 결과, 불연속면의 특성 및 지반 변형 등은 양호한 상태인 것으로 확인되었고 상태안전성능평가 결과 B등급으로 평가 되었다.

구조안전성능평가 결과, 안전해석결과가 허용안전율보다 크므로 A등급으로 평가되었다.

금회 본 시설물의 안전성능평가 결과, 일일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준인 B등급으로 평가되었다.

【표 47.81】 안전성능 평가 결과

| 안전성능 평가 결과 산정표 |                                                   |       |            |
|----------------|---------------------------------------------------|-------|------------|
| 시설물명           | 상주절토47                                            |       |            |
| 평가 구분          | 결함지수                                              | 평가 결과 | 비 고        |
| 상태안전성능         | 0.235                                             | B     | 인장균열 없음    |
| 구조안전성능         | 0.080                                             | A     | 특이파괴 유형 없음 |
| 안전성능           | 0.235                                             | B     |            |
| 안전성능 결과        | ○상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택.<br>○안전성능평가 결과 : B등급 |       |            |

【표 47.82】 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            |

## 47.5 내구성능 평가

### 47.5.1 평가 대상 사면 개요

성능평가 대상 사면 현황 개요는 다음과 같다.

【표 47.83】 평가 대상 사면 개요

| 구 분           |       | 시 설 현 황             | 비 고                |
|---------------|-------|---------------------|--------------------|
| 사면 형식         |       | 파쇄암반사면              | $SR = 3/42 = 0.07$ |
| 공용기간          |       | 8년                  | 2017년 준공           |
| 암반구간 설계(초기)강도 |       | 경암 : 140.0MPa       | 추정                 |
| 면적            | 전체    | 5,047m <sup>2</sup> |                    |
|               | 토사구간  | -                   |                    |
|               | 암반구간  | 5,047m <sup>2</sup> |                    |
| 표면보호공         | 식 생   | 1,282m <sup>2</sup> |                    |
|               | 낙석방지망 | 2,694m <sup>2</sup> |                    |
| 사면보강공         | -     | -                   |                    |

### 47.5.2 시설물의 형식 및 성능지표

본 비탈면은 토층심도율을 적용한 결과 암반사면에 해당되며, 지반상태(암반), 표면보호공 및 사면보강공, 절리상태 및 풍화진행도에 대해 평가하기로 한다.

【표 47.84】 사면 형식별 내구 성능 지표

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

## 47.5.3 성능지표별 평가 결과

## 1) 암반구간의 지표평가

【표 47.85】 암반사면의 지반상태 평가 기준

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

【표 47.86】 암반 강도시험 결과

| 위 치     | 추정강도<br>(MPa)        | 추정강도<br>(MPa)(전차) | 대비강도(%) | 비 고      |
|---------|----------------------|-------------------|---------|----------|
| 70.650k | 113.2                | 117.0             | 96.8    |          |
| 70.663k | 114.7                | 114.6             | 100.1   |          |
| 70.675k | 106.8                | 106.6             | 100.2   |          |
| 70.690k | 108.7                | 112.9             | 96.3    | 최소값      |
| 70.700k | 110.2                | 105.2             | 104.8   |          |
| 70.706k | 112.2                | 105.4             | 106.5   | 최대값      |
| 평균값     | -                    | 110.3             | 100.5   | 최소/최대 제외 |
| 등급      | A<br>경암(95.0~100.0%) |                   |         |          |

【표 47.87】표면보호공 평가 결과

| 항목        | 등급 | 보호공의 종류           |                                      |
|-----------|----|-------------------|--------------------------------------|
|           |    | 식생<br>(식생 피복율, %) | 콘크리트뿔어붙이기<br>(손상 면적율, %)             |
| 표면<br>보호공 | a  | 매우 양호(90% 이상)     | 균열 및 박락 없음(0~10% 미만)                 |
|           | b  | 양호(70%이상~90%미만)   | 일부 균열 발생(10%이상~30%미만)                |
|           | c  | 보통(50%이상~70%미만)   | 균열 및 일부 박락 발생(30%이상~50%미만)           |
|           | d  | 불량(30%이상~50%미만)   | 박락으로 일부 유실된<br>상태, 누수발생(50%이상~70%미만) |
|           | e  | 매우 불량(0%~30%미만)   | 대부분의 범위에서<br>박락 및 유실, 누수발생(70%이상)    |

【표 47.88】표면보호공 피복 면적

| 표면보호공 종류 | 식생공                             |        | 콘크리트 뿔어붙이기 |        | 비고 |
|----------|---------------------------------|--------|------------|--------|----|
|          | 피복면적                            | 피복율(%) | 손상면적       | 손상율(%) |    |
| 식생       | 1,282/1,282m <sup>2</sup>       | 100.0% | -          | -      |    |
| 평가       | 식생 피복율이 100.0% 이므로 "a등급"으로 평가함. |        |            |        |    |

【표 47.89】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             |

【표 47.90】 암반의 풍화도 평가 결과

| 평가항목   | 불연속면(Set A) |         |         |
|--------|-------------|---------|---------|
|        | Set 1       | Set 2   | Set 3   |
| 길이(m)  | 1~3m 미만     | 1~3m 미만 | 1~3m 미만 |
|        | b(5)        | b(5)    | b(5)    |
| 틈새(mm) | < 0.1       | < 0.1   | < 0.1   |
|        | b(5)        | b(5)    | b(5)    |
| 거칠기    | 약간 거침       | 약간 거침   | 약간 거침   |
|        | c(10)       | c(10)   | c(10)   |
| 충전물    | hard        | hard    | hard    |
|        | b(5)        | b(5)    | b(5)    |
| 풍화진행도  | HW          | HW      | HW      |
|        | d(16)       | d(16)   | d(16)   |
| 합 계    | 41          | 41      | 41      |
| 평 균    | 8.2         | 8.2     | 8.2     |
| 평가 결과  | c           | c       | c       |

| 평가항목   | 불연속면(Set B) |         |         |
|--------|-------------|---------|---------|
|        | Set 4       | Set 5   | Set 6   |
| 길이(m)  | 1~3m 미만     | 1~3m 미만 | 1~3m 미만 |
|        | b(5)        | b(5)    | b(5)    |
| 틈새(mm) | < 0.1       | < 0.1   | < 0.1   |
|        | b(5)        | b(5)    | b(5)    |
| 거칠기    | 약간 거침       | 약간 거침   | 약간 거침   |
|        | c(10)       | c(10)   | c(10)   |
| 충전물    | hard        | hard    | hard    |
|        | b(5)        | b(5)    | b(5)    |
| 풍화진행도  | MW          | MW      | MW      |
|        | c(10)       | c(10)   | c(10)   |
| 합 계    | 35          | 35      | 35      |
| 평 균    | 7.0         | 7.0     | 7.0     |
| 평가 결과  | c           | c       | c       |

【표 47.91】 절리상태 및 풍화진행도 평가 결과

| 시험 개소        | 시험개소별 등급 | 등급 점수 | 비 고        |
|--------------|----------|-------|------------|
| Set A- Set 1 | c        | 0.43  |            |
| Set A- Set 2 | c        | 0.43  |            |
| Set A- Set 3 | c        | 0.43  |            |
| Set B- Set 4 | c        | 0.43  |            |
| Set B- Set 5 | c        | 0.43  |            |
| Set B- Set 6 | c        | 0.43  |            |
| 평균값          | c        | 0.43  | 최소 및 최대 제외 |
| 등 급          |          | c     |            |

## 47.5.4 내구성능 평가 결과

## 1) 혼합사면 내구성능 가중치

본 비탈면은 혼합 사면으로 토사사면과 암반사면을 구분하여 평가하고, 각각의 해당되는 평가항목을 고려하여 가중치 보정값을 적용하기로 한다.

【표 47.92】 사면형식에 따른 지표별 가중치

| 사면구분 | 지표명          | 지표별 가중치 |        |    |    |    |
|------|--------------|---------|--------|----|----|----|
|      |              | 기본      | 가중치 보정 |    |    |    |
| 암반사면 | 지반상태(암반)     | 25      | 28     | 33 | 38 | -  |
|      | 절리상태 및 풍화진행도 | 40      | 44     | 53 | 62 | 80 |
|      | 표면보호공        | 10      | -      | 14 | -  | 20 |
|      | 사면보강공        | 25      | 28     | -  | -  | -  |

## 2) 암반구간 내구성능 등급

【표 47.93】 암반사면 내구성능 등급 산정

| 평가항목         | 등급 | 등급 점수<br>(a) | 가중치<br>(b) | 결함지수<br>(a)×(b) |
|--------------|----|--------------|------------|-----------------|
| 지반상태(암반)     | a  | 0.08         | 0.33       | 0.026           |
| 절리상태 및 풍화진행도 | c  | 0.43         | 0.53       | 0.228           |
| 표면보호공        | a  | 0.08         | 0.14       | 0.011           |
|              |    |              |            |                 |
| 결함도 지수       |    |              |            | 0.265           |
| 등 급          |    |              |            | <b>B</b>        |

금회 본 시설물의 내구성능평가 결과, 일부 부재에서 내구성능의 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경 등의 조건을 고려하여 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준인 B등급으로 평가되었다.

【표 47.94】 내구성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

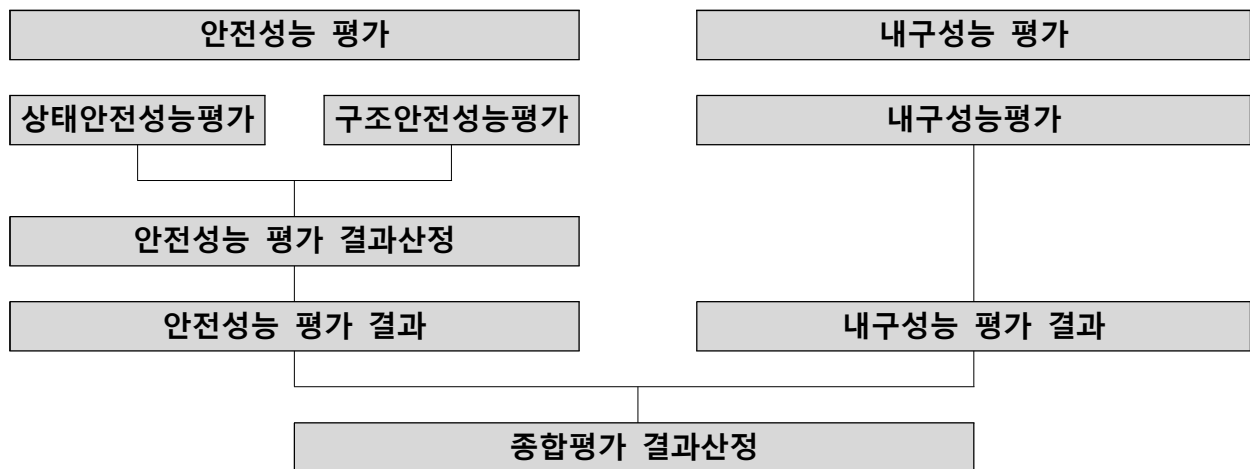
| 안전등급      | 평가지수                   | 시설물의 상태                                                              |
|-----------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| A<br>(우수) | $0.00 \leq (E) < 0.15$ | 외부 환경조건 등으로 인한 내구성능 저하가 발생할 가능성이 낮은 성능 수준                            |
| 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         |

## 47.6 종합평가

### 47.6.1 종합평가 개요

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.

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



<그림 47-16> 종합평가 흐름도

### 47.6.2 종합평가 결과 산정결과

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 47.95】 성능간 가중치 산정 값

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

【표 47.96】 종합평가 결과

| 시설물의 종합평가 결과 산정표 |                                                                                                                                                       |       |            |          |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|----------|
| 시설물명             | 상주절토47                                                                                                                                                |       | 분류         | 상주영천고속도로 |
| 평가 구분            | 성능평가<br>지수                                                                                                                                            | 평가 결과 | 성능간가중치(Wn) | 비 고      |
| 안전성능평가           | Ps=0.235                                                                                                                                              | B     | 0.8        | 인장균열 없음  |
| 내구성능평가           | Pd=0.265                                                                                                                                              | B     | 0.2        |          |
| 종합평가 결과          | ○ 사면의 종합평가 지수(P)<br>$= \sum(\text{성능평가지수}(p_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$<br>$= (0.235 \times 0.8) + (0.265 \times 0.2) = 0.241$<br>○ 종합평가 결과 : B등급 |       |            |          |

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능등급은 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준인 B등급(양호)인 것으로 평가되었다.

【표 47.97】 절토사면의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

| 종합성능<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 지속관찰하고 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                      |

## 47.7 유지관리 전략 제언

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

### 47.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 절토사면의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

【표 47.98】 성능목표 설정시 고려되어야 할 사항

| 구분   | 고려사항      |       |         |       |         |       |
|------|-----------|-------|---------|-------|---------|-------|
|      | 사용성 및 기능성 | 주변 환경 |         |       | 지진 구역계수 | 공용 연수 |
|      |           | 동해 환경 | 해안 이격거리 | 강설 일수 |         |       |
| 절토사면 | -         | ○     | -       | -     | ○       | ○     |

【표 47.99】 등급점수 범위 및 대표점수

| 구분   |    | A                 | B                    |                      | C                    | D                    | E             |
|------|----|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
|      |    |                   | 상B                   | 하B                   |                      |                      |               |
| 절토사면 | 점수 | 0.08              | 0.23                 |                      | 0.43                 | 0.65                 | 0.88          |
|      |    |                   | 0.18                 | 0.27                 |                      |                      |               |
|      | 범위 | $0 \leq X < 0.15$ | $0.15 \leq X < 0.23$ | $0.23 \leq X < 0.30$ | $0.30 \leq X < 0.55$ | $0.55 \leq X < 0.75$ | $0.75 \leq X$ |

【표 47.100】 평가지표별 가중치 및 성능목표 등급 산정

| 구분                                 | 사용성 및 기능성<br>(1) | 주변 환경       |                |             | 지진 구역계수<br>(5) | 공용 연수<br>(6) |
|------------------------------------|------------------|-------------|----------------|-------------|----------------|--------------|
|                                    |                  | 동해환경<br>(2) | 해안 이격거리<br>(3) | 강설일수<br>(4) |                |              |
| 가중치                                | 0.8              | 0.1         |                |             | 0.08           | 0.02         |
| 절토사면                               | -                | 0.5         | -              | -           | 0.4            | 0.1          |
| 성능목표 = (2)×0.5 + (5)×0.4 + (6)×0.1 |                  |             |                |             |                |              |

【표 47.101】 동해환경

| 구분       |           | 기준              |   | 평가결과(일) | 평가등급 |
|----------|-----------|-----------------|---|---------|------|
| 동해<br>환경 | 지속적인 수분접촉 | $50 \leq X$     | A | 67.1    | A    |
|          |           | $3 \leq X < 50$ | B |         |      |
|          |           | $X < 3$         | C |         |      |

※ X : 동결융해 반복일수(지난 10년간 동절기(11월1일~3월31일)동안 최저기온이  $-2.2^{\circ}\text{C}$ 보다 작고 일 최고기온이  $0^{\circ}\text{C}$ 보다 높으며 강수량이 0mm이상인 경우를 1회로 지정한 사이클 수

※ 세부자료는 부록에 수록함.

【표 47.102】 지진구역계수 및 공용연수

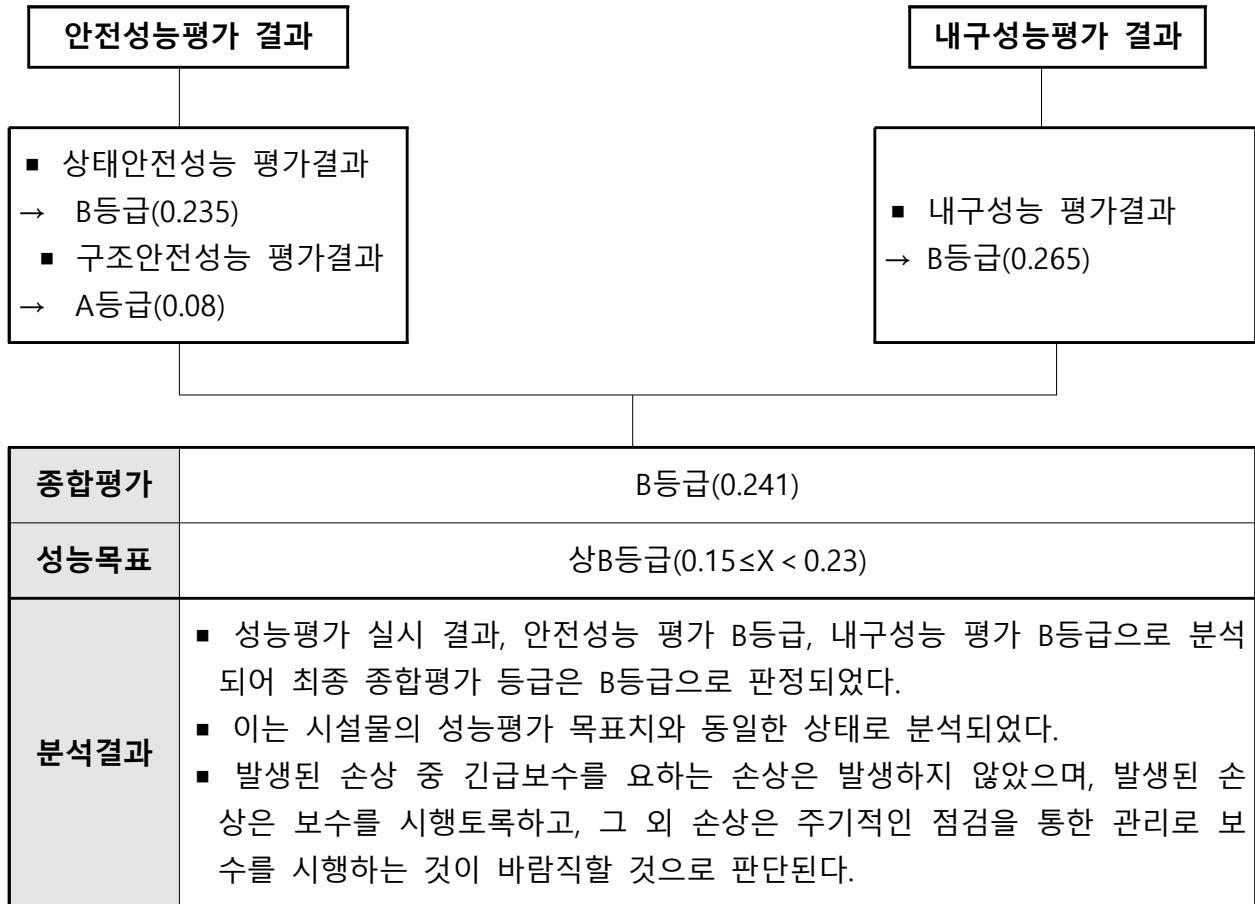
| 구분     | 내용   | 평가등급 |
|--------|------|------|
| 지진구역계수 | 경상북도 | A    |
| 공용연수   | 8년   | E    |

【표 47.103】 성능목표 등급 산정표

| 구분   | 사용성 및<br>기능성<br>(1)                                                         | 주변 환경       |                   |             | 지진<br>구역계수<br>(5) | 공용<br>연수<br>(6) |
|------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-----------------|
|      |                                                                             | 동해환경<br>(2) | 해안<br>이격거리<br>(3) | 강설일수<br>(4) |                   |                 |
| 평가등급 | -                                                                           | A           | -                 | -           | A                 | E               |
| 평가점수 | -                                                                           | 0.08        | -                 | -           | 0.08              | 0.88            |
| 가중치  | -                                                                           | 0.5         | -                 | -           | 0.4               | 0.1             |
| 성능목표 | $= 0.08 \times 0.5 + 0.08 \times 0.4 + 0.88 \times 0.1$ $= 0.16(\text{상B})$ |             |                   |             |                   |                 |

## 1.7.2 성능평가 결과 검토·분석

【표 47.104】 종합평가 결과 요약



## 1.7.3 성능목표에 따른 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전 성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

## 가. 보수 개략공사비

【표 47.105】 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

| 구분            | 손상내용               | 보수방안  | 손상<br>물량 | 보수<br>물량 | 단<br>위         | 단가<br>(천원) | 개략공사<br>비<br>(천원) | 우선<br>순위 |
|---------------|--------------------|-------|----------|----------|----------------|------------|-------------------|----------|
| 상부<br>자연사면    | 상태양호               | -     | -        | -        | -              | -          | -                 | -        |
| 사면부           | 망내퇴적               | 지속관찰  | 1.00     | 1.50     | m <sup>2</sup> | -          | -                 | -        |
|               | 평면파괴               | 지속관찰  | 100.0    | 150.0    | m <sup>3</sup> | -          | -                 | -        |
| 사면하부          | 상태양호               | -     | -        | -        | -              | -          | -                 | -        |
| 부대시설          | 상태양호               | -     | -        | -        | -              | -          | -                 | -        |
| 배수시설          | 소단배수로 균열           | 주입보수  | 16.0     | 24.00    | m              | 65         | 1,560             | 1        |
|               | 소단배수로<br>토사퇴적      | 정비    | 3.0      | 4.50     | m <sup>3</sup> | 25         | 113               | 3        |
|               | 산마루측구 균열           | 주입보수  | 7.0      | 10.50    | m              | 65         | 683               | 1        |
|               | 산마루측구<br>재료분리      | 단면보수  | 5.6      | 8.40     | m <sup>2</sup> | 165        | 1,386             | 2        |
|               | 산마루측구 파손           | 0.15  | 3.0      | 4.50     | m <sup>2</sup> | 165        | 743               | 2        |
| 개략공사비<br>(천원) | 구 분                | 1순위   |          | 2순위      |                | 3순위        |                   |          |
|               | 순공사비               | 2,243 |          | 2,129    |                | 113        |                   |          |
|               | 재경비<br>(순공사비의 50%) | 1,121 |          | 1,065    |                | 57         |                   |          |
|               | 합계                 | 3,364 |          | 3,194    |                | 170        |                   |          |
| 개략공사비 총계(천원)  |                    | 6,728 |          |          |                |            |                   |          |

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m<sup>2</sup>)으로 산출하였음.

## 나. 보수·보강 우선순위 지수 산출

【표 47.106】 보수·보강 우선순위 지수 산출

| 구분   | 손상<br>물량<br>(m³) | 보수<br>물량<br>(m³) | 단가<br>(천 원) | 비용<br>Cost<br>(천 원) | 손상정보         |          |          |    | 가중치  |      |      |      | 우선<br>순위<br>지수<br>(PI)<br>EI/Cost | 순<br>위 |
|------|------------------|------------------|-------------|---------------------|--------------|----------|----------|----|------|------|------|------|-----------------------------------|--------|
|      |                  |                  |             |                     | 손상내용         | 부재<br>위치 | 성능       | 등급 | 손상   | 부재   | 성능   | 등급   |                                   |        |
| 조차1  | -                | -                | -           | -                   | 집수지형         | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | a  | 0.06 | 1.00 | 0.80 | 0.05 | 0.00240                           | 16     |
| 조차2  | -                | -                | -           | -                   | 불안정지질        | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | c  | 0.15 | 1.00 | 0.80 | 0.20 | 0.02400                           | 3      |
| 조차3  | -                | -                | -           | -                   | 불연속면의<br>특성  | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | c  | 0.24 | 1.00 | 0.80 | 0.20 | 0.03840                           | 2      |
| 조차4  | -                | -                | -           | -                   | 지반변형         | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | a  | 0.09 | 1.00 | 0.80 | 0.05 | 0.00360                           | 13     |
| 조차5  | -                | -                | -           | -                   | 지하수          | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | a  | 0.08 | 1.00 | 0.80 | 0.05 | 0.00320                           | 14     |
| 조차6  | 16               | 24               | 65          | 1,560               | 배수조건         | 배수<br>시설 | 안전<br>성능 | c  | 0.11 | 1.00 | 0.80 | 0.20 | 0.01760                           | 4      |
| 조차7  | 3                | 4.5              | 25          | 113                 | 배수조건         | 배수<br>시설 | 안전<br>성능 | c  | 0.11 | 1.00 | 0.80 | 0.20 | 0.01760                           | 4      |
| 조차8  | 7                | 10.5             | 65          | 683                 | 배수조건         | 배수<br>시설 | 안전<br>성능 | c  | 0.11 | 1.00 | 0.80 | 0.20 | 0.01760                           | 4      |
| 조차9  | 5.6              | 8.4              | 165         | 1,386               | 배수조건         | 배수<br>시설 | 안전<br>성능 | c  | 0.11 | 1.00 | 0.80 | 0.20 | 0.01760                           | 4      |
| 조차10 | 3                | 4.5              | 165         | 743                 | 배수조건         | 배수<br>시설 | 안전<br>성능 | c  | 0.11 | 1.00 | 0.80 | 0.20 | 0.01760                           | 4      |
| 조차11 | -                | -                | -           | -                   | 붕괴이력         | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | a  | 0.10 | 1.00 | 0.80 | 0.05 | 0.00400                           | 12     |
| 조차12 | -                | -                | -           | -                   | 낙석           | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | a  | 0.17 | 1.00 | 0.80 | 0.05 | 0.00680                           | 11     |
| 조차13 | -                | -                | -           | -                   | 구조안전성<br>능   | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | a  | 1.00 | 1.00 | 0.80 | 0.05 | 0.04000                           | 1      |
| 조차14 | -                | -                | -           | -                   | 지반상태<br>(암반) | 사면<br>부  | 내구<br>성능 | a  | 1.00 | 1.00 | 0.20 | 0.05 | 0.01000                           | 10     |
| 조차15 | -                | -                | -           | -                   | 절리상태         | 사면<br>부  | 내구<br>성능 | c  | 1.00 | 0.40 | 0.20 | 0.20 | 0.01600                           | 9      |
| 조차16 | -                | -                | -           | -                   | 표면보호공        | 사면<br>부  | 내구<br>성능 | a  | 1.00 | 0.10 | 0.20 | 0.05 | 0.00100                           | 17     |
| 조차17 | -                | -                | -           | -                   | 사면보강공        | 사면<br>부  | 내구<br>성능 | a  | 1.00 | 0.25 | 0.20 | 0.05 | 0.00250                           | 15     |

## 다. 우선순위지수에 따른 유지관리전략 제안

【표 47.107】 우선순위지수에 따른 유지관리전략 제안

| 구분   | 손상<br>물량<br>(m <sup>3</sup> ) | 보수<br>물량<br>(m <sup>3</sup> ) | 단가<br>(천 원) | 비용<br>Cost<br>(천원) | 손상정보         |          |          |    | 가중치  |      |      |      | 우선<br>순위<br>지수<br>(PI)<br>El/Cost | 순<br>위 |
|------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|--------------------|--------------|----------|----------|----|------|------|------|------|-----------------------------------|--------|
|      |                               |                               |             |                    | 손상내용         | 부재<br>위치 | 성능       | 등급 | 손상   | 부재   | 성능   | 등급   |                                   |        |
| 조차13 | -                             | -                             | -           | -                  | 구조안전성<br>능   | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | a  | 1.00 | 1.00 | 0.80 | 0.05 | 0.04000                           | 1      |
| 조차3  | -                             | -                             | -           | -                  | 불연속면의<br>특성  | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | c  | 0.24 | 1.00 | 0.80 | 0.20 | 0.03840                           | 2      |
| 조차2  | -                             | -                             | -           | -                  | 불안정지질        | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | c  | 0.15 | 1.00 | 0.80 | 0.20 | 0.02400                           | 3      |
| 조차6  | 16.00                         | 24.00                         | 65          | 1,560              | 배수조건         | 배수<br>시설 | 안전<br>성능 | c  | 0.11 | 1.00 | 0.80 | 0.20 | 0.01760                           | 4      |
| 조차7  | 3.00                          | 4.50                          | 25          | 113                | 배수조건         | 배수<br>시설 | 안전<br>성능 | c  | 0.11 | 1.00 | 0.80 | 0.20 | 0.01760                           | 4      |
| 조차8  | 7.00                          | 10.50                         | 65          | 683                | 배수조건         | 배수<br>시설 | 안전<br>성능 | c  | 0.11 | 1.00 | 0.80 | 0.20 | 0.01760                           | 4      |
| 조차9  | 5.60                          | 8.40                          | 165         | 1,386              | 배수조건         | 배수<br>시설 | 안전<br>성능 | c  | 0.11 | 1.00 | 0.80 | 0.20 | 0.01760                           | 4      |
| 조차10 | 3.00                          | 4.50                          | 165         | 743                | 배수조건         | 배수<br>시설 | 안전<br>성능 | c  | 0.11 | 1.00 | 0.80 | 0.20 | 0.01760                           | 4      |
| 조차15 | -                             | -                             | -           | -                  | 절리상태         | 사면<br>부  | 내구<br>성능 | c  | 1    | 0.4  | 0.2  | 0.2  | 0.016                             | 9      |
| 조차14 | -                             | -                             | -           | -                  | 지반상태<br>(암반) | 사면<br>부  | 내구<br>성능 | a  | 1.00 | 1.00 | 0.20 | 0.05 | 0.01000                           | 10     |
| 조차12 | -                             | -                             | -           | -                  | 낙석           | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | a  | 0.17 | 1.00 | 0.80 | 0.05 | 0.00680                           | 11     |
| 조차11 | -                             | -                             | -           | -                  | 붕괴이력         | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | a  | 0.10 | 1.00 | 0.80 | 0.05 | 0.00400                           | 12     |
| 조차4  | -                             | -                             | -           | -                  | 지반변형         | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | a  | 0.09 | 1    | 0.8  | 0.05 | 0.0036                            | 13     |
| 조차5  | -                             | -                             | -           | -                  | 지하수          | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | a  | 0.08 | 1.00 | 0.80 | 0.05 | 0.00320                           | 14     |
| 조차17 | -                             | -                             | -           | -                  | 사면보강공        | 사면<br>부  | 내구<br>성능 | a  | 1.00 | 0.25 | 0.20 | 0.05 | 0.00250                           | 15     |
| 조차1  | -                             | -                             | -           | -                  | 집수지형         | 사면<br>부  | 안전<br>성능 | a  | 0.06 | 1.00 | 0.80 | 0.05 | 0.00240                           | 16     |
| 조차16 | -                             | -                             | -           | -                  | 표면보호공        | 사면<br>부  | 내구<br>성능 | a  | 1    | 0.1  | 0.2  | 0.05 | 0.001                             | 17     |

## 47.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다.

- 1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 상태안전성능평가 결과, 불연속면의 특성 및 지반 변형상태 등은 양호한 것으로 확인되었고, 상태안전성능평가 결과 B등급으로 평가 되었다. 일부 구간에서 소단배수로 균열이 조사되었으나, 현재 손상 상태는 경미한 결함으로 시설물의 안전성에 미치는 영향은 매우 미소한 상태이다. 구조안전성능평가 결과, 안전해석결과가 허용안전율보다 크므로 A등급으로 평가되었다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준인 B등급으로 평가되었다.
- 2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 비탈면의 절리상태 및 표면 보호상태에 대한 평가를 시행하였다. 그 결과 일부 부재에서 내구성능의 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경 등의 조건을 고려하여 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준인 B등급으로 평가되었다.
- 3) 안전성능평가, 내구성능평가 결과를 종합적으로 분석할 때, 일부 부재에서 경미한 결함이 나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준인 B(양호)등급으로 평가되었다.
- 4) 본 절토사면의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급" 과 동일한 "B등급"인 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.