

단면선을 기입한다.

(4) 횡단면도상에 절·성토고, 사면고, 측점(STA)을 기입한다.

(5) <표 11-1>과 <표 11-2>에 필요한 사항을 기입한다.

○ 특정 절·성토 발생구간의 선정 기준

- 계획노선의 절·성토가 다음의 기준을 넘는 지역은 <표 11-2>에 기입하고, 단면의 위치를 평면도에 표시한다

(1) 절토고 20m 이상인 지역

(2) 어느 쪽이든 절토 사면고가 30m 이상 되는 발생지역

(3) 성토고 10m 이상인 지역

(4) 어느 쪽이든 성토 사면고가 10m 이상 되는 발생지역

- 위의 구간 중 주요한 지역은 다음의 사항을 횡단면도에 작성한다 (표준 횡단면도와 대체로 유사)

(1) 측점

(2) 지반고, 계획고, 절토고, 성토고, 사면고

(3) 소단의 사면길이, 소단의 폭, 사면의 경사 비율(높이:밑면 길이의 비율)

(4) 절·성토 구간이 연속적으로 길게 발생할 경우에는, 최대 절토 및 최대 편사면고가 발생하는 구간만 작성한다.

(5) 주요한 구간의 횡단면도는 경우에 따라 필요시 지질이나 토질의 상태를 표시한다.

- 토질의 경우, 공학적인 암반 분류(봉적토, 풍화암, 연암, 경암 등)와 두께를 표시한다.

- 지질의 경우, 암석의 종류, 지층의 주향과 경사, 단위 지층의 두께, 지질구조(층리, 편리, 엽리, 선구조 등) 등을 표시한다.

GEO-12. 지형개변 과다지역 저감방안

- 지형개변이 과다하게 발생하는 구간은 저감방안을 검토한 결과를 작성한다.

· 특히 절토고 30m 이상이나 절토사면고 30m 이상이 발생하는 각각의 구간은 지형개변을 줄일 수 있는 방안을 구체적으로 검토하여 비교도면으로 작성한다.

· 저감방안으로 절·성토계획 조정, 터널화, 편터널화, 종단경사의 상하향

조정, 노선의 부분적 우회, 진출입 시설의 이전, 사면보강, 교량화 등을 고려한다.

- 저감방안의 적용이 어려운 경우 그 사유를 명확히 작성한다.
- 대절토가 발생하는 구간의 전후에 진출입 시설이 위치할 경우, 진출입 시설의 필요성에 대한 사유(연결도로망 계획, 필요시 주민의견 포함)를 명확히 작성한다.
- 진출입 시설의 형태 및 접속위치의 변경 가능성을 검토한 자료를 도면으로 작성한다.
- 지형훼손이 과다한 구간은 식생 회복과 경관영향 저감 등을 위한 사면구조를 조성할 수 있는지 검토하여 그 결과를 작성한다.
- 지형개변이 과다한 절토구간(사면고 30m 이상 발생 구간)은 사면안정을 우선으로 고려하고, 또한 절토후 식생회복과 경관에 영향이 적게 미칠 수 있도록 사면의 형태를 선정하여 작성한다.
- 소단과 소단의 간격을 가능하면 줄이는 방안을 검토한다.
- 불가피하게 최종사면고가 30m 이상되는 경우에는 지질재해를 방지할 수 있는 시설(피암터널, 방호벽 등)을 설치하는 방안의 타당성을 검토한다.
- 백두대간, 정맥, 기맥, 지맥 등이 분포하는 지역에서, 이미 단절이 발생한 곳은 복원하는 방안을 검토하고, 본 사업으로 추가 단절이 발생하지 않는 방안을 검토하여 작성한다.

○ 저감방안을 고려한 최종 지형변화 계획

- 원래의 지형변화 계획에서 각종 저감방안을 고려하여 최종적으로 결정된 지형변화 확정안을 작성한다 (표 12-1과 표 12-2 참조).

<표 12-1> 저감방안 적용후 최종 깎기계획(예시)

공구	구간(sta)	연장(m)	위치(sta)	당초 높이 혹은 사면고(m) (A)	저감후 높이 혹은 사면고(m) (B)	저감목표 (m) (C)	저감율 (%) (D)	저감방안 적용방법	비고
1	4+200~4+700	500	4+200	40	32	30	80	종단경사 상향조정	쌓기고 상대적 증가

주) $D = (B-C)/(A-C) \times 100(\%) = (40-32)/(40-30) \times 100 = 80\%$
 각기지역의 저감목표는 지형조건에 따라 달라질 수 있다.

<표 12-2> 저감방안 적용후 최종 쌓기계획(예시)

공구	구간(sta)	연장(m)	위치(sta)	당초 높이 혹은 사면고(m) (A)	저감 후 높이 혹은 사면고(m) (B)	저감목표(m)	저감율(%) (C)	저감방안 적용방법	비고
1	4+200~4+700	500	4+250	15	12	10	60	중단경사 상향 조정	각기고 저감대책으로 부차적 발생

주) $D = (B-C)/(A-C) \times 100(\%) = (15-12)/(15-10) \times 100 = 60\%$
 쌓기지역의 저감목표는 지형조건에 따라 달라질 수 있다.

○지형단절지수의 작성

- 사업노선의 지형단절지수를 작성한다.
 - 지형단절지수=(도로 총연장-(터널 총연장+교량 총연장+이동통로총연장))/도로 총연장
 - 지형단절지수를 줄이는 방안을 검토한다.
 - 필요시 비교안별, 구간별 혹은 공구별로 작성한다.

○ 사면발생과 관련된 각종 지수를 작성한다.

- 사면발생지수 =(사면고 30m 이상 발생 사면 총 개소수)/도로 총연장
- 사면규모지수 = 사면고 30m 에서 절토되는 수평방향의 절취선의 길이가 50m 이상인 사면의 총연장/도로 총연장
- 단위사면규모지수 =한 사면에서 사면고 30m 에서 절토되는 수평방향의 절취선의 길이가 100m 이상인 사면의 개수
- 필요시 비교안별, 구간별, 공구별 계산결과를 작성한다.

GEO-13. 부수적 지형개변 현황

- 사업계획과 관련하여 다음과 같은 작업이 예상될 경우 그 현황을 작성한다.
 - 각종 구조물(통로박스 등)의 공사용 진입도로 작업
 - 교량 공사시 공사용 가설도로 작업(특히 하천 점유예정지)
 - 터널 공사용 진입도로 작업

- 터널 환기시설 중 수직갱 설치작업
- 부대시설(휴게소, 간이 주차장, 전망대 등) 설치작업
- 현장 사무소, 공사용 자재적치소 설치작업
- 위의 작업으로 인한 영향의 정도를 예측하여 작성한다.
- 영향의 존재시 저감대책을 수립하여 작성한다.
- 위의 지형개변 지역중 복구가 필요한 지역의 복구방안이나 활용방안을 수립하여 작성한다.

GEO-14. 토공량 규모

- 사업으로 발생하는 토공량 규모를 작성한다.
- 토공량은 공사의 종류와 구간에 따라 구분하고, 최종 토공량은 절토량과 성토량으로 합산하여 작성한다.
- 절토량은 절취부와 터널공사 부분을 구분하여 작성한다.
- 사업계획의 변화시 토공량 변화규모를 작성한다.
- 평가서 작성시 초안에서 계획된 토공량을 작성한다
- 토공량 변화가 발생한 사유를 구체적으로 작성한다.
- 특히 도로사업의 경우, 사업계획 노선의 변경여부를 구체적으로 작성한다.

○지형변화지수

- 지형변화지수를 다음의 요건에 따라 작성한다.
- 지형변화지수 = (절토량+성토량)/도로총 연장
- 비교안별, 구간별, 공구별 계산결과 작성
- ※성토량은 음의 부호를 생략하고 절대값을 사용한다.

GEO-15. 사면안정 검토 및 대책

- 주요 절토부에 대하여 사면안정 해석의 근거로 사용한 자료의 신뢰도를 검토한다.
- 시추 조사지점과 조사심도를 도면(평면도, 횡단면도와 종단면도 등)에 작

성한다.

- 절토부에 대하여 직접 시추하지 않은 자료를 사용하였을 경우(인접한 구간의 시추자료를 사용한 경우), 사면안정 해석의 불확실성의 정도를 검토한다.
- 암 구간을 시추하지 않았을 경우, 암반사면에 대한 정보 취득의 방법 및 그 신뢰도를 검토한다.

※사면구간에 대하여 시추가 곤란할 경우 그 사유를 정확히 작성한다.

- 공사시 실제 지반조건 때문에 불가피하게 사면완화를 하여야 할 경우, 사면고가 과다(절토사면고 40m 이상)하거나 무한 사면이 발생할 가능성이 있는 구간을 선정하여, 그로 인한 영향예측과 대책을 검토한다.
- 사면이 과다하게 발생할 구간의 예상 횡단면도를 작성한다.
- 사면보강 등으로도 과다한 지형훼손이 예상될 경우, 노선조정을 구체적으로 검토한다.

- 운영시 사면의 안정성 확인 및 대책을 수립한다.

- 주요 절·성토 구간 및 기타 인접 지역의 급경사 지역에 대해 현장 여건에 맞는 사면안정성을 검토하여 대책을 수립한다.
- 사면안정 대상사면의 지반구조(지층의 주향 및 경사, 엽리, 편리, 단층, 절리 등)를 고려하여 지질재해를 방지할 수 있도록 사면안정 대책을 수립한다.
- 사면안정 분석은 그 결과만을 간략하게 작성한다(환경영향평가에서는 사면분석 방법을 분석하기 보다는 그러한 과정을 거쳤는지 절차상으로 확인한다는 의미가 있다).

- 운영시 사면의 안정성 유지 및 긴급상황에 대한 대책을 검토한 결과를 작성한다.
- 장대사면이 발생한 곳 중에서 사면붕괴 등이 발생할 경우 그 피해가 클 것으로 예상되는 구간을 선정하여, 사면 붕괴로 인한 피해를 저감할 수 있는 방안(피암터널·방호벽의 설치 등)을 검토한다.
- 긴급 경보체계(사면에 감지기를 설치하는 방안, 위험구간 전방에 안내판 설치 등)의 필요성 여부를 검토한다.

※실시간 경보체계 운영사례는 <http://landslides.usgs.gov/hwy50> 등을 참조

- ※ 사면붕괴시 인명·재산 손실 뿐만 아니라 환경적 영향(토사 유출, 산림 훼손 등)도 크게 나타날 수 있으므로, 장대사면이 발생하는 구간은 가능하면 엄밀한 검토를 수행하여 경보체제의 구축 필요성 여부를 결정하는 것이 바람직하다.

GEO-16. 터널 예정지역의 평가

○ 터널 지역 현황 조사

- 사업구간 중 터널이 계획되어 있는 지역은 터널구간의 지반상태, 터널 상부의 자연환경 상태 등을 정밀히 조사한다.
- 지반상태는 지구물리학적 조사, 지표지질조사 등을 적용하여 조사한 결과를 작성한다.
- 터널 상부는 습지, 천연샘과 인공샘, 자연하천 등의 현황을 정밀히 조사한다.
- 수직갱의 설치 여부를 확인하고, 설치시에 공사방법, 진입도로의 계획을 작성한다.

○ 지하수 영향 예측

- 터널 공사로 인한 지하수 영향을 예측하여 그 영향의 정도를 평가한다.
- 터널지역의 지하수 현황을 파악한다.
- 터널 상부 지역에서 하향시추가 곤란한 경우 그 사유를 정확히 작성한다.
- 지반의 상태와 지하수 영향을 정확히 예측하기 위한 수평시추(직경 수십 cm 내외의 소규모 직경) 혹은 실험 시추계획(직경 수m 내외)의 타당성 여부를 검토한다(※석회암이나 약대가 많은 지반인 경우 국내외 사례를 조사하고 그 성과를 비교·검토한다).
- 구간별 지하수위의 저하의 정도, 저하시간, 회복시간 등을 예측한다.

○ 지하수 영향 저감방안

- 터널로 인한 지하수 영향을 줄일 수 있는 방안을 검토한다.
- 암반에서 유출되는 지하수는 완전방수를 목표로 설정하고 제반 여건상 불가피할 경우 차수율을 높여서 지하수위의 회복이 조기에 달성할 수 있는 방안을 마련한다.
- 국내외의 터널의 지형적 분포(산악터널, 하저터널, 평지지하터널, 해저터널 등)에 따른 배수형태를 조사비교한 자료를 작성한다.

- 일률적인 완전배수 혹은 부분배수 방식의 적용보다는 실제로 지하수압의 예상치를 설정하여 그에 따른 배수방식을 선정한다(기존 공사 구간의 수압 측정 조사자료를 근거로 하여 설정)
- 차수율에 따른 지하수위의 회복율과 회복시간을 예측한다.

○ 터널지하수 관련 지수의 작성

- 터널 지하수와 관련된 지수를 작성한다.

- 터널지하수 하강지수 = (당초의 지하수위-하강한 지하수위)/당초의 지하수위×100(%)

- 터널지하수 회복지수 = 터널 완공후 3년 경과 후 수위/당초 수위×100(%)

- 수위 기준점은 터널하부를 기준으로 함

- 지하수위의 년도별 회복율 예측치를 작성

※수위 기준점은 지표를 기준으로 할 경우 장소에 따라 계산이 복잡해지고, 평균해수면을 기준으로 할 경우도 지역마다 계산상의 문제가 있으므로 편의상 터널하부를 기준으로 함

○ 지하수 영향 모니터링 계획

- 그 동안 지하수 영향예측 및 대책은 단순한 예측이나 수치모델링을 이용하여 실제 터널공사 이후에 영향의 예측과 결과가 일치하는지 여부에 대한 평가가 부족한 것으로 판단된다.. 따라서 지하수 변동은 실제로 그 영향을 파악하여 대책을 수립하여 적용할 수 있도록 공사시 및 운영시 모니터링계획을 수립한다.

- 지하수 영향의 조사 목적은 자연환경의 변화에 중점을 두고 실시한다.

- 공사시 터널 지하수의 유출량을 조사·기록한다(순수 지하수와 공사 용수를 구분하고 자료를 활용할 수 있도록 엑셀 프로그램 등에 입력한다).

- 일별로 터널 굴착실시 여부, 유출량, 일기 변화, 수질 등을 조사·기록한다.

- 주변 지하수, 천연샘 및 인공샘 등의 수위 변화, 지표수량의 변화 등을 조사·기록한다.

- 지하수 영향과 그로 인한 환경영향에 대한 원인 분석 및 대책을 기록한다.

- 현재 도로건설사업은 사업착공시부터 운영개시후 3년까지 환경영향조사를 하도록 되어 있으나, 지하수 영향은 이보다 더 장기간에 걸쳐서 발생할 수 있으므로, 모니터링 결과에 따라 조사기간을 연장하여 계획을 수립하는 것을 고려한다(터널공사 이후 장기간의 지하수 유출량에 대한 조사자료를