

조사 및 분석방법 2

2.1 지형 및 지질

2.2 설계기준 검토

2.3 안정성분석 방법

2.4 적용 설계지반정수

제2장 조사 및 분석방법

2.1 지형 및 지질

2.1.1 주변지형 특성

본 조사지역의 위치는 행정구역상 경상북도 상주시 낙동면 상촌리를 시점으로 하여 경상북도 의성군 단밀면 낙정리를 종점으로 하는 연장 약 7.39km 구간에 해당한다.

과업지역은 한반도의 동서부를 가로지르는 낙동강의 상류지역에 속하여, 태백산맥에서 분기한 일월산맥의 주맥이 도곡의 동북부를 북북서~남남동 방향으로 질주하는 지역이다. 과업지역은 안계평야를 위시하여 비교적 완만한 경사를 가진 저평한 구릉지를 이룬다.

서북부 건지봉(420m)과 안계면 봉양동 봉화재는 호상의 산릉이 NE 방향의 중앙선을 중심으로 어긋나며 대칭적으로 배열되어 있는 지형상의 특징을 갖고 있다.

본 조사지역 인근의 수계의 발달은 낙동강을 중류로, 잘 발달된 수지상수계를 이루고 있다. 위천을 비롯한 비교적 큰 계류는 지층의 주향방향에 대략 평행한 유로를 만들고 있는 곳이 많다. 낙동강과 위천은 매우 완만히 사행하며, 하천 폭에 비하여 양측하안의 산고는 낮고, 산사 역시 매우 완만하여, 하각작용보다는 확대 및 퇴적작용이 우세한 단계에 있다. 일월산맥을 중심으로 동쪽 지역은 유수에 의한 침식이 활발히 진행되고 있는 장년기 단계이고, 서쪽 지역은 윗에 의한 하각보다는 유로의 확대 및 퇴적이 우세해가는 초기 노년기의 단계에 있다.

2.1.2 지질

본 조사지역은 낙동도곡(1:50,000) 남서측에 위치하며 선캄브리아기에 형성된 흑운모화강암질 편마암을 중생대 쥐라기에 관입한 흑운모화강암이 기반암을 이룬다. 백악기 중성암맥 및 산성암맥이 다수 관입하여 분포하는 양상을 보이며 낙동강변을 중심으로 제4기 충적층이 두텁고 넓게 분포하고 있다. 흑운모 화강암은 삼봉산 산체를 구성하며 낙동충군에 의하여 부정합적으로 피복된다. 육안적으로 녹회색의 세립질암이나 2~3mm 정도의 신선한 장석이 결정을 이룬다. 본 검토지역에서는 풍화대가 매우 두터운 층후로 분포한다.

각 지층에 대한 지질각론은 다음과 같다.

(1) 선캄브리아기 변성암류

본 암은 과업지역이 위치하고 있는 낙동도곡의 서남쪽의 백두점, 낙정동, 매호리에 분포한다. 선캄브리아기의 변성암류는 선캄브리아기의 영남계에 속하며, 흑운모화강암질편마암과 반상변정편마암으로 구분되어 있다. 과업지역에 이웃해서 분포되어 지질기반을 이루고 과업지역의 서쪽으로 광범위한 분포를 보이고 있다.

(2) 흑운모화강암

본 암층은 과업지역에 위치한 삼봉산 산체를 구성하고 있으며, 흑운모화강암질편마암 및 반상변정편마암을 관입하며, 낙동층에 의하여 부정합으로 파복된다. 녹회색인 세립질암이나 신선한 장석이 반정을 이룬다. 본 암의 구성광물은 양비의 순위로 사장석, 석영, 미사장석, 정장석, 퍼어다이트, 흑운모 및 소량의 백운모이다. 사장석은 누대구조가 현저하고 변질이 심하며 누대구조의 내부는 녹염석으로 변해있다. 석영은 모두 파동소광이 현저하다. 미사장석과 퍼어다이트는 신선하며 대결정을 이루고 내부에 석영, 사장석, 흑운모를 포리하는 별구조를 나타내는 것이 많다. 정장석은 고형토와 백운모로 변질되고 특히 후자의 생성이 현저하다. 정장석 중에는 칼스밋드 쌍정을 이루는 것이 있다. 흑운모는 일부 녹염석, 녹니석, 철광으로 변질되어 있다. 삼봉산 북쪽에는 흑운모화강암의 연변상이 비교적 넓은 분포를 보이면서 나타나고 있다. 연변상은 미세한 호상구조를 나타내는 세립질암이며 화강암질편마암에 유사하다. 경하에서 관찰하면 세편상인 흑운모가 일정한 방향으로 배열하며 광물성분은 흑운모화강암과 동일하다.

(3) 메리섬록암

본 층은 과업지역의 서부와 서북부에 위치하고 있으며 암흑색의 조밀한 암석으로 구성되어 있다. 주 구성광물은 각석, 사장석, 흑운모이며 희소하게 석영을 함유한다.

(4) 낙동층

본 층은 낙동층군의 최하부층으로 과업지역의 북동방향으로 대부분의 지역을 점하고 있다.

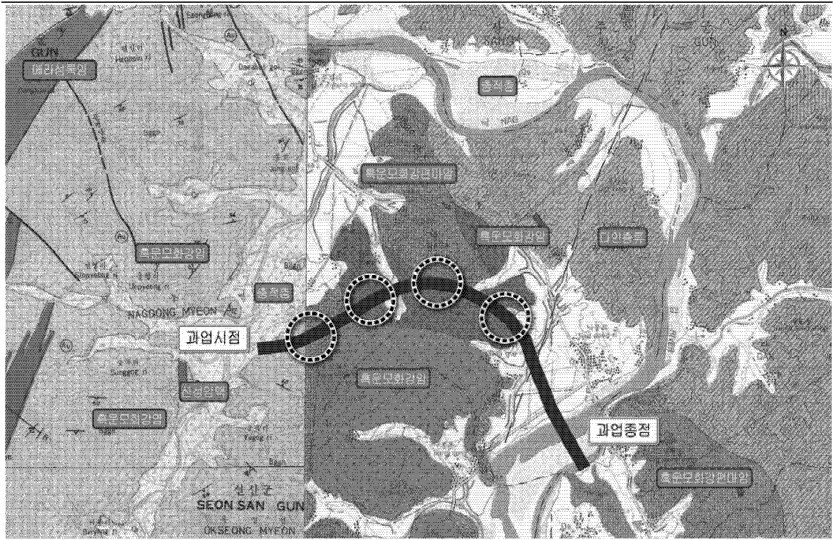
본 층은 편마암류 및 화성암류로 된 지반의 침식면상에 부정합적으로 퇴적되어 있으며, 주로 역암, 사암, 셰일 및 역질사암등으로 구성되며, 하부는 역암이 대체로 우세하고 상부는 사암과 셰일이 우세하다. 과업지역 인근의 낙동층은 역암이 우세한 하부의 만경산층류로 구성되어 있다. 만경산층류는 과업지역의 동쪽방향의 만경산과 동북방향의 비봉산을 중심으로 광범하게 분포하고 있으며, 최기저부의 셰일 및 역암, 하부의 사암, 사질역암, 역암 및 셰일, 중부의 역암과 역질사암으로 구성된다.

(4) 암맥류

암맥류는 불국사화성암류를 관입하고 있으며, 산성암맥과 염기성 암맥으로 대별된다.

산성암맥은 규장암맥과 석영암맥으로 구성되며, 염기성암맥으로는 안산반암 및 섬록암질 암맥으로 구성된다.

<조사지역 지질도>



이 지역의 지질도와 지질계통표는 아래와 같다.

신생대 제4기	[	Oa	충적층
		~~~~ 부정합 ~~~~	
		Kad	산성암맥
		~~~~ 관입 ~~~~	
백악기	[	Xmk ₂	문암상층류
		Xmk ₁	다인층류
		~~~~ 부정합 ~~~~	
시대미상	[	D	메리섬록암
		~~~~ 관입 ~~~~	
쥬라기	[	J ₁	흑운모화강암
		~~~~ 관입 ~~~~	
선캄브리아기	[	P ₁	흑운모화강암질편마암

2.2 설계기준 검토

2.2.1 깎기 비탈면 안전율(건설공사 비탈면설계기준, 2011년)

1) 깎기비탈면 기준안전율

구분	기준 안전율	참 조
건기시	$F_s > 1.5$	•지하수가 없는 것으로 해석
우기시	$F_s > 1.2$ 또는 $F_s > 1.3$	•암반비탈면은 인장균열이 1/2 심도까지 지하수를 위치시키고 해석수행, 토층 및 풍화암은 지표면에 지하수를 위치시키고 해석수행( $F_s=1.2$ 적용) •강우의 침투를 고려한 해석을 실시하는 경우( $F_s=1.3$ 적용) •위 두 가지 조건 중 선택적으로 한가지 조건을 만족시켜야 함
지진시	$F_s > 1.1$	•지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 •지하수위는 우기시와 동일하게 적용
단 기	$F_s > 1.1$	•기간 1년 미만의 단기간의 안정성 검토 시 적용

2.2.2 안전율 적용

비탈면에 대한 기준안전율은 국내의 경우 건기시에는 1.5, 우기시에는 1.2~1.3를 적용하고 있으며, 국외의 경우에는 건기, 우기의 구분보다는 하중조건이나 현장 응력상태를 고려하여 안전율을 적용하는 경향이다.

깎기 비탈면이 많은 홍콩에서는 우기시 비탈면 안전율은 지표면까지 포화된 경우 1.1로 하고 강우 강도를 고려할 경우에는 1.2~1.4를 적용하고 있다.

국내의 우기시 비탈면율이 1.1~1.2의 범위로 제시되어 있는 것은 현장 지반의 조건 (문제성토질, 파쇄대의 존재 유무) 등을 고려하여 합리적으로 결정하도록 한 것으로 사료된다.

2.2.3 비탈면경사 기준 및 적용계획

1) 땅깍기 비탈면 표준경사

가. 각 기관의 땅깍기 비탈면 표준경사

토질조건		땅깍기높이	비탈면경사			
			건설교통부	도로공사	토지공사	주택공사
토사		5m 이상	1:1.5	1:1.5	1:1.5	1:1.5
		0~5m	1:1.2	1:1.2	1:1.2	1:1.2
리핑암 (풍화암)		5m 이상	1:0.7~1.0	1:1.0	1:1.0	1:1.2
		0~5m				1:1.0
발파암	연암	5m 이상	1:0.5~0.7	1:0.5	1:0.5	1:1.0
		0~5m				1:0.8
	경암	5m 이상				1:0.8
		0~5m				1:0.5

(한국지반공학학회 학술발표집, 1995)

나. 토사지반에 대한 땅깍기 비탈면 표준경사

원 지 반 의 토 질		비탈면높이	경 사	비 고
모 래	밀실하고 입도불량	-	1:1.5 이상	SW, SP
사 질 토	밀 실	5 m 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SP
		5 ~ 10 m	1:1.0 ~ 1:1.2	
	밀실하지 않음 입도 불량	5 m 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
		5 ~ 10 m	1:1.2 ~ 1:1.5	
자갈 또는 암과 섞인 사 질 토	밀 실 또는 입도양호	10 m 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SC
		10 ~ 15 m	1:1.0 ~ 1:1.2	
	밀실하지 않거나 입도불량	10 m 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
		10 ~ 15 m	1:1.2 ~ 1:1.5	
점토 및 점성토		0 ~ 10 m	1:0.8 ~ 1:1.2	ML, MH, CL, CH
암과 또는 호박돌 섞인 점성토		5 m 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	GM, GC
		5 ~ 10 m	1:1.2 ~ 1:1.5	

* 봉적층에서는 강우시 활동이 자주 발생하므로 풍화 잔류토층보다 비탈면경사를 완화시키는 것이 바람직함.

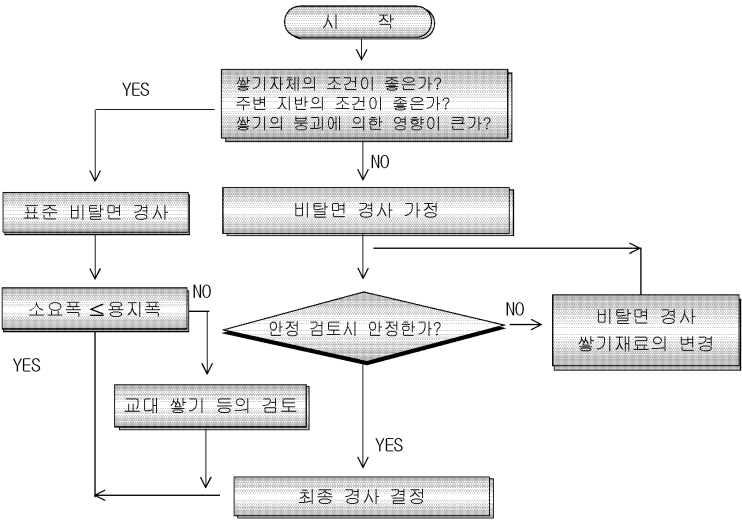
다. 암반특성에 따른 땅깍기 비탈면 표준경사

암 석 종 류 (강도)	암반파쇄상태		굴 착 난이도	경 사	소 단 설 치	비 고
	T.C.R %	R.Q.D %				
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 심한경우	20%이하	10%이하	리핑암	1:1.0~1.2	H=5m 마다 소단 1m 폭	•최하단 기준 매20m 마 다 3m 소단 설치
강한 풍화암으로 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~40%	10~25%	발파암 (연 암)	1:0.8~1.0	H=10m 마다 소단 1~2m 폭	•리핑암과 발파암 사이 는 소단 설치하지 않음
	40~60%	25~50%	발파암 (보통암)	1:0.7		•소단사이에 토사와 리 핑 구분선이 발생시 많 은쪽 비탈면 경사 적용
	60%이상	50%이상	발파암 (경 암)	1:0.5	H=20m 마다 소단 3m 폭	

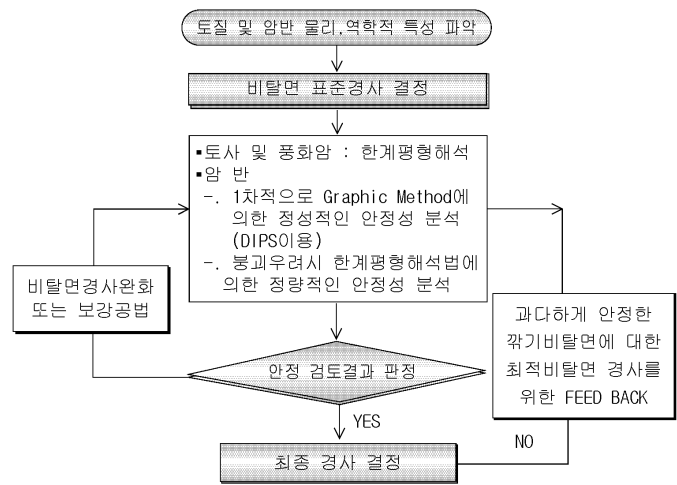
(한국도로공사 도로설계요령 2002)

1) 비탈면 경사의 결정

가. 흙쌓기 비탈면 경사 결정에 따른 흐름도



나. 땅깍기 비탈면 경사결정에 따른 흐름도



2.2.4 지하수위 적용

1) 비탈면 침투해석 검토

건설공사 비탈면 설계기준(2011)은 “현장지반조사결과, 지형조건, 배수조건과 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 안정해석을 수행하고 적용 설계정수와 해석방법을 명확히 기술하여야 한다” 라고 제시하고 있으므로 이를 근거로 검토 조건 및 방법을 수립하였다.

가. 침투해석 방법

본 검토구간 깎기 비탈면의 지하수위는 한국도로공사 도로설계요령을 기준으로 설정하였으며, 건기시에는 지하수위를 고려하지 않고 우기시에는 침투해석 결과를 적용하였다.

구 분	지 하 수 위	
	건 기 시	우 기 시
깎기 비탈면	지하수위 미고려	침투해석 결과 적용

나. 적용 강우강도 산정

구분	지속시간	강우강도
상주	48 시간	7.6 mm/hr

2) 초기 지하수위 선정

비정상류 침투류 해석에 있어 초기 지하수위는 시추조사시 관측된 측정 지하수위 적용을 원칙으로 하나, 지하수위 측정이 불가능한 경우(지하수위가 도로 계획고 하부에 위치한 경우 또는 탐사를 통해 지층을 추정한 경우 등)는 암중경계선에 위치하는 것으로 계획하여 해석에 반영하였다.

2.2.5 설계 지진계수 적용

일반적으로 도로의 등급은 지역별 지진재해 발생 가능성과 중요도에 따라서 다음과 같이 내진 I 등급 도로와 내진 II 등급 도로로 구분하는데, 본 과업구간은 일반 국도로써 내진 I 등급 도로에 해당된다.

각종 도로의 내진등급

내진등급	도로
내진 I 등급	고속도로, 자동차 전용도로, 특별시도, 광역시도, 일반국도
내진 II 등급	지방도, 시도, 군도

가. 지진하중

내진등급 및 내진성능수준 목표에 따라 지진하중 적용기준을 설정하고, 지진구역에 따른 결정 방법을 통해 적용하였다.

나. 내진성능목표

시설물의 내진등급은 시설물의 중요도에 따라서 내진 II 등급, 내진 I 등급과 내진 특등급의 3가지 등급으로 분류하며 본 과업에서는 내진 I 등급으로 적용하여 지진 발생 후 피해정도를 최소화하고 전체적인 붕괴를 허용하지 않는 붕괴방지수준의 1000년 재해주기를 적용하였다. 지진계수는 재현주기, 지역별 및 지반종류 등을 고려하여 산정하였다.

지역에 따른 위험도 계수

지역계수 및 위험도계수를 이용한 방법			
지진구역	행정구역		구역계수 (Z, g)
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시	0.11
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부	
II	도	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도	0.07

구조물의 설계지진 재현주기별, 성능수준별 내진성능목표 및 위험도 계수

성능수준 \ 재현주기	50년	100년	200년	500년	1000년	2000년
기능수행 ¹⁾	II 등급	I 등급	특등급			
붕괴방지 ²⁾				II 등급	I 등급	특등급
위험도 계수, I	0.40	0.57	0.73	1.0	1.4	2.0

다. 적용 지진계수

본 검토구간에 분포하는 땅quake 비탈면에 대하여 구역에 따른 설계 지진계수를 산정하여 비탈면 해석을 수행하였으며, 산정된 지진계수는 다음과 같다.

적용 지진계수

구분	지진계수 인자		지진계수산정 (구역계수 × 위험도계수)	비고
	구역계수	위험도계수		
땅quake	0.11	1.4	0.154	

2.2.6 비탈면 설계기준 요약

구분	깎기높이	비탈면표준경사	해석방법	해석 기준안전율
토사	5m 이하	1:1.5~1:1.8	한계평형해석	• 건기시 $F_s \geq 1.5$ (지하수위 미고려) • 우기시 $F_s \geq 1.3$ (침투해석 적용시)
	0~5m	1:1.2		
리핑암	-	1:1.0	평사투영해석 한계평형해석	• 지진시 $F_s \geq 1.1$
발파암	-	1:0.5~1:1.0		

2.3 안정성분석 방법

2.3.1 토사비탈면의 안정성 해석

일반적으로 깎기부 토사 및 풍화암 비탈면, 쌓기 비탈면의 안정성 해석시 널리 사용되는 해석 방법들은 한계평형이론을 적용하고 있으며 이 방법으로 산정한 안전율이 허용안전율 이상이 되면 비탈면의 변형은 허용치 이내인 것으로 판단한다.

한계평형해석(Limit Equilibrium Theory)에서 비탈면의 파괴는 토체가 파괴면을 따라 발생한다고 가정하고 파괴발생이 예상되는 토체의 안정성을 해석하는 것으로 파괴토체를 수개의 연직 절편으로 분할하고 그 절편에 대한 평형을 고려한 해석방법이다.

이를 위한 프로그램으로는 다양한 해석 방법 및 조건을 고려할 수 있는 Soilworks 프로그램을 사용하였다. 비탈면의 안정검토 시 해석방법은 Bishop의 간편법을 적용하여 비탈면 안정성을 검토하였다.

Bishop의 방법은 정역학적으로 해를 얻기 위해 설정한 가정 때문에 정해가 될 수 없으나 구해진 안전율은 거의 정확치에 근접하여 본 비탈면 안정해석에 이용하였으며, Bishop의 간편법에 의한 기본원리는 다음 그림과 같으며 Bishop의 안전율 계산식은 다음과 같다.

$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (cb_n + (W_n + \Delta T) \tan \phi) \frac{1}{M(a_n)}}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \sin a_n}$$

여기서,  $M(a) = \cos a \left( 1 + \frac{\tan \phi \cdot \sin a_n}{F_s} \right)$

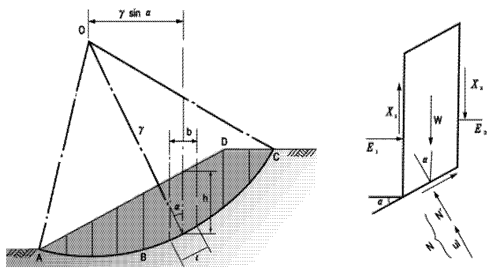
- W : 절편 흙의 전체중량(kN/m³)

α : 경사각 ( ° )

c : 흙의 점착력(kPa)
- b : 절편 폭(m)

ø : 흙의 내부 마찰각( ° )

ΔT : T_n - T_{n+1}



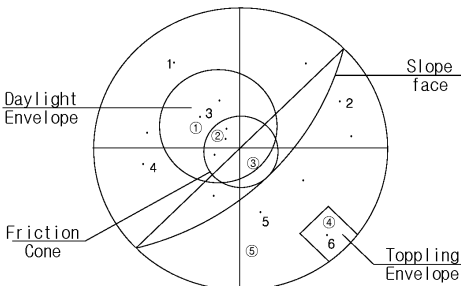
< Bishop의 간편법에 의한 비탈면해석의 기본원리 >

2.3.2 암반비탈면의 안정성 해석

썩기 지역에 분포하는 암반에 대하여 지표지질조사, 지구물리탐사 및 시추조사를 실시하고 그 결과를 이용하여 암반을 평가한 후 평사투영해석 및 한계평형해석을 통해 비탈면 안정성을 평가하였다.

1) 평사투영법

평사투영법에 의한 안정성 해석방법은 Stereonet 상에 비탈면, Daylight Envelope, Friction Cone, Toppling Envelope 등을 작성, 절리면의 밀도분포에 의하여 비탈면안정성을 평가하는 방법으로 다음 그림은 임의로 가정한 6개의 불연속면에 대한 비탈면 안정성을 평가하는 예이다.



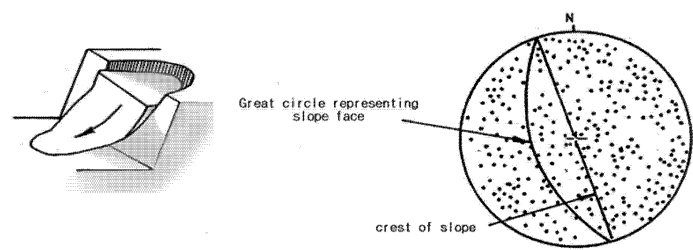
< 평사투영에 의한 암반비탈면의 안정성 평가 >

- 각 지역에 불연속면의 Pole이 위치하면 다음과 같이 안정성이 평가됨,
- ①지역 : 불연속면의 경사각이 마찰각보다 큰 Daylight로서 불안정한 지역
  - ②지역 : 불연속면의 경사각이 마찰각보다 작은 Daylight로서 안정한 지역
  - ③지역 : 불연속면의 경사각이 마찰각보다 작으며 Daylight도 아닌 안정한 지역
  - ④지역 : Toppling 붕괴의 위험성이 잠재된 불안정한 지역
  - ⑤지역 : 불연속면의 경사각이 마찰각보다 크더라도 Daylight나 Toppling Envelope가 아니므로 안정한 지역

여기서, 6개의 불연속면 중에서 평면형 붕괴의 가능성이 있는 불연속면은 “3”이며, 썩기형 붕괴 가능성이 있는 불연속면은 “2”와 “3” 및 “3”과 “4”의 조합면이지만 실제로 불연속면 “3”에 대한 평면형 붕괴보다는 덜 위험하다. Toppling 붕괴의 가능성이 있는 불연속면은 “6”이다. 참고로 암반의 붕괴형상은 다음과 같이 구분한다.

가. 원형파괴 (Circular Failure)

토층 비탈면 및 불연속면이 불규칙하게 많이 발달되어 뚜렷한 구조적 특징이 없는 암반에서 원형파괴가 발생할 수 있으며, 주로 풍화가 심한 암반이나 파쇄가 심한 암반에서 발생할 수 있다.

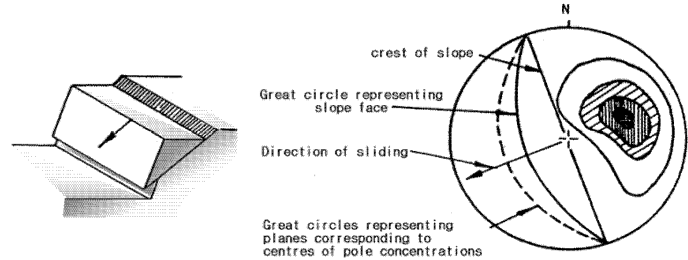


< 기본적인 원형파괴 형태와 절리의 극점분포 >

나. 평면파괴 (Plane Failure)

불연속면의 주절리가 한 방향으로 발달된 암반에서 발생 가능하며, 암괴가 어떤 절리면을 따라서 붕괴하려면 다음의 조건을 만족시켜야 한다.

- 절개면과 절리면의 경사방향이 동일
- 절리면의 주향이 절개면의 주향과 유사
- 절리면의 주향이 절개면상에 존재
  - 즉, 절리면의 경사각 ( $\alpha$ ) < 절개면의 경사각 ( $\beta a$ )
- 절리면의 경사각 ( $\alpha$ )이 절리면의 마찰각 ( $\phi$ ) 보다 커야함
- 붕괴는 암괴의 양쪽측면이 절단되어서 암괴가 붕락하는데 측면의 영향이 없어짐

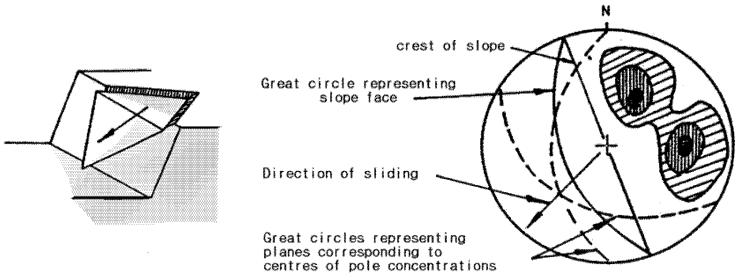


< 기본적인 평면파괴 형태와 절리의 극점분포 >

다. 썸기파괴 (Wedge Failure)

썸기파괴는 두 개의 불연속면을 따라 발생하는 암반블록의 미끄러짐으로 인한 파괴형태로 기본적인 역학관계는 평면파괴와 유사하며, 썸기파괴의 발생조건은 다음과 같다.

- 절리의 교선과 절개면의 경사방향이 동일, 절리면의 주향이 절개면의 주향과 비슷.
- 절개면의 경사 > 절리의 교선의 경사 > 절리의 마찰각 ( $\beta a > \alpha > \phi$ )

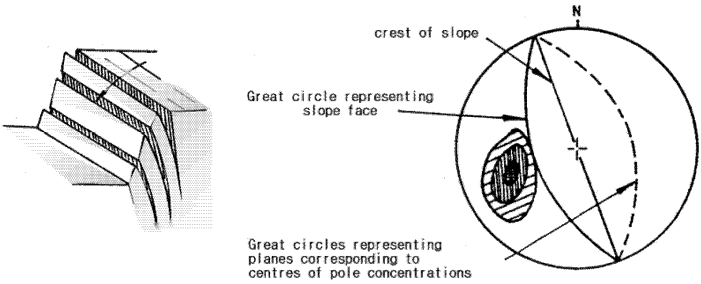


< 기본적인 썸기파괴 형태와 절리의 극점분포 >

라. 전도파괴 (Toppling Failure)

전도파괴의 발생조건은 다음과 같다.

- 절개면과 절리면의 경사방향이 반대, 절리면의 주향과 절개면의 주향이 비슷
- $(90^\circ - \text{절리면의 경사}) + \text{절리면의 마찰각} < \text{절개면의 경사} (90^\circ - \alpha) + \phi < \beta a$



< 기본적인 전도파괴 형태와 절리의 극점분포 >

2) 한계평형해석

한계평형 해석법은 암반블럭의 자중, 절리면의 마찰각 및 점착력, 암반간극수압 등을 고려, 가능한 활동파괴면을 따라 미끄러지려는 순간의 암반블록에 대한 안정성을 비탈면안전계수 (Safety Factor)로 나타내는 방법이다.

파괴면에서의 전단강도는 Coulomb의 파괴기준  $\tau = c + \sigma \tan \phi$ 로 표현되며, 강도는 점착력 (c) 과 내부마찰각 ( $\phi$ )으로 정의됨.

따라서 안전율은,

$$F = \frac{c \cdot A + (W \cos \phi_p - U - V \cdot \sin \phi_p) \tan \phi}{(W \cdot \sin \phi_p + V \cdot \cos \phi_p)}$$
로 정의된다.

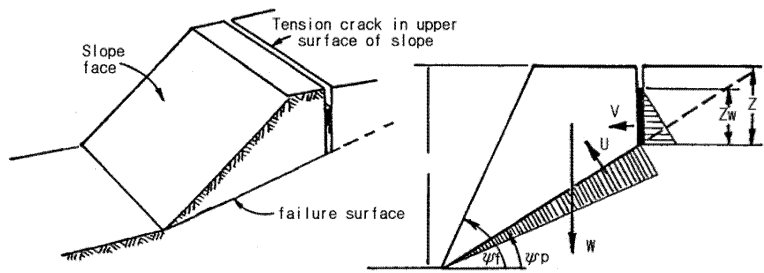
- 여기서, A : 파괴면의 면적
- Z : 인장균열 깊이
- H : 비탈면 높이
- $\phi_p$  : 파괴면의 경사각
- W : 암괴의 중량
- U : 파괴면상의 수압에 의한 양압력
- V : 인장균열 속의 수압에 의한 힘

이 해석에서 취급하는 비탈면의 형상은 다음 세 가지 경우를 고려하였다.

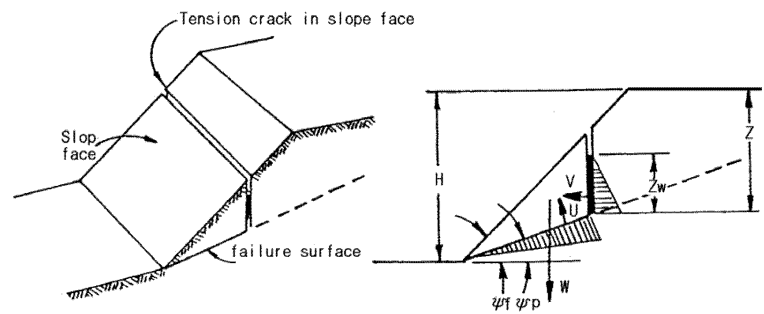
- ① 비탈면 정상부 쪽에 인장균열이 있는 비탈면
- ② 비탈면내에 인장균열이 있는 비탈면
- ③ 인장균열이 나타나지 않는 비탈면

또한 해석을 위하여 가정은 다음과 같다.

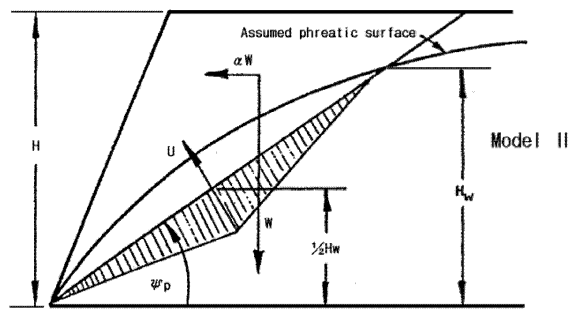
- ① 미끄럼 인장균열은 비탈면에 평행 즉, 주향이 동일
- ② 인장균열이 연직이며, Z_w 깊이까지 물로 채워졌으며 인장균열 속의 물에 의해 생기는 미끄럼면 부근의 수압분포는 아래 그림과 같음.
- ③ W, U 및 V 등은 미끄럼 블록의 중심을 통하여 작용
- ④ 단위두께를 가진 슬라이스를 고려. 또한 파괴되는 부분의 양 측면은 미끄럼 저항이 없는 자유면이 존재하는 것으로 고려.



< 비탈면 정상부쪽에 인장균열이 있는 비탈면 >



< 비탈면 내에 인장균열이 있는 비탈면 >



< 비탈면 내에 인장균열이 없는 비탈면 >

이때, 식에 적용하는 각 값은 다음 식에서 구하여 안전율을 계산한다.

$$A = (H - Z) \operatorname{cosec} \phi_p \qquad U = \frac{\gamma_w Z_w (H - Z) \operatorname{cosec} \phi_p}{2}$$
$$V = -\frac{\gamma_w Z_w^2}{2}$$

첫 번째 비탈면 정상부 쪽에 인장균열이 있는 비탈면 경우

$$W = \frac{\gamma^2 H^2 \{ (1 - (Z/H)^2) \cot \phi_p - \cot \phi_f \}}{2}$$

두 번째 비탈면내에 인장균열이 있는 비탈면의 경우

$$W = \frac{\gamma^2 H^2 \{ 1 - (Z/H)^2 \} \cot \phi_p (\cot \phi_p \tan \phi_f - 1)}{2}$$

한편 인장균열이 비탈면에 존재하지 않는 경우는

$$U = \frac{\gamma_w (H_w)^2 \operatorname{cosec} \phi_p}{4} \text{ 를 , } V = 0 \text{을 적용.}$$

단, 상기식에 있어 W값은 식에 적용시키기 곤란한 경우, 단면적을 이용한다. 따라서 현장 시공 시 발파암 절취과정에서 상부비탈면에서 인장균열이 발견될 경우 파괴면 상의 수압에 의한 양압력 U의 작용으로 비탈면 안전율이 저하될 가능성이 있으므로 반드시 이에 따른 비탈면 안정검토를 실시, 비탈면 경사를 조정한다.

2.4 적용 설계지반정수

지층	단위중량 ( $\gamma_t$ , kN/m ³ )	점착력 ( $c$ , kPa)	내부마찰각 ( $\phi$ , °)	투수계수 (cm/s)
붕적층	19.0	10.0	29	$3.0 \times 10^{-4}$
풍화토	18.0	15.0	30	$1.5 \times 10^{-3}$
풍화암	21.0	29.0	30	$7.0 \times 10^{-4}$
기반암	26.0	200.0	35	$4.0 \times 10^{-5}$