

## 해석방법에 따른 사면 안전율 비교 연구

### A Relative Study on Safe Factor by Different Analyses of Slope Stability

안준희<sup>1)</sup>, Joon-Hee An, 박준식<sup>2)</sup>, Choon-Sik Park, 장정욱<sup>3)</sup>, Jeong-Wook Jang

<sup>1)</sup> 국립창원대학교 토목공학과 석사과정, Graduate Student of Civil Engineering, Changwon National Univ.

<sup>2)</sup> 국립창원대학교 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Changwon National Univ.

<sup>3)</sup> 국립창원대학교 토목공학과 부교수, Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, Changwon National Univ.

**SYNOPSIS :** This study performed slope stability analysis by changing analysis methods and shear strength with the slope stability analysis program. The conclusions of the study are as follows. 1) The safe factor of clayey soil applied with Bishop's simple method turned out to be similar to or slightly higher than those of other methods, for both dry and saturated conditions. 2) The safe factor of sandy soil applied with GLE method turned out to be slightly higher than those of other methods. But when applied with Bishop's simple method, it appeared to be slightly higher than those of other methods. 3) The safe factor of ordinary soil applied with GLE method showed the highest result. 4) Janbu method showed the lowest safe factor among all the methods for the above three types of soils.

**Key words :** Slope stability analysis, The safe factor, Bishop's simple method, GLE method, Janbu method

## 1. 서 론

현대 도시산업화의 급속한 발전과 국토의 균형 있는 개발을 위하여 택지, 공공용지, 산업용지 등의 토지수요가 급증하고 있는 추세이나 우량 후보지 또는 가용부지의 감소에 따라 산지 구릉지의 개발 및 이용이 증대되고 있는 실정이다. 또한 새로운 첨단 건설 대형장비의 개발 및 보급으로 절토 사면도 거대해짐에 따라 이에 대한 안정성 검토가 중요한 문제로 대두되고 있다.

이러한 개발사업은 사면의 안정처리가 필수적이다. 그러나 절취 법면의 설계시 토층과 암반의 특성 및 그 지역의 불연속면의 발달상태를 정확하게 파악 할 수가 없어 지반강도에 따라서 일률적으로 사면구배를 선정하기 때문에 공사시 간혹 사면의 붕괴로 인하여 귀중한 인명피해 뿐만 아니라 경제적으로도 막대한 손실을 초래하는 경우가 발생하고 있다. 이에 본 연구는 실제 집중호우로 인하여 사면배후의 지표수 유입에 의해 붕괴현상이 발생되었던 한 사면을 대상으로 사면안정해석 프로그램을 이용, 해석방법 및 흙의 전단강도의 변화를 고려한 사면안정해석의 결과를 분석하여 현재 주로 Bishop의 간편법으로 해석하고 있는 사면의 안정성을 각 연구자들에 의해 제안된 여러 가지 해석방법을 사용하여 사면의 안전율을 비교 검토하여 현장에 적용할 최적의 안전율 적용방법을 미리 사면의 안정성을 판단하는데 그 목적이 있다.

## 2. 해석방법 및 흙의 전단강도 변화에 따른 사면의 안정해석

본 연구대상 사면은 경상남도 하동군 옥종면 정수리 산 55번지 동서산업(주)의 성토사면의 한 단면으로써 사면배후에 지표수 유입에 의해 붕괴현상이 발생되었다. 이에 본 연구는 사면의 단면은 일치하되

균질한 점성토, 사질토, 일반적인 흙으로 전단강도를 세가지로 변화시켜 주었고, 사면의 안정해석프로그램(SLOPE/W)에 있는 해석 방법의 변화에 따라 사면의 안정성을 해석해 보았다.



그림 1. 사면붕괴현황 사진

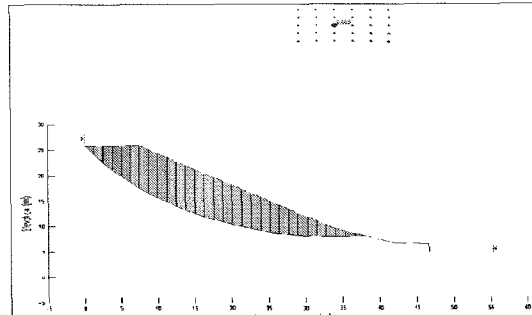


그림 2. 사면안정 해석프로그램 (SLOPE/W)

### 3. 사면안정 해석결과

#### 3.1 균질한 점성토로 형성된 사면의 안전율( $F_s$ )

표 1. 균질한 점성토로 형성된 사면의 안전율( $F_s$ )

해석방법	건기시	우기시
Bishop의 간편법	0.998	0.865
Janbu 방법	0.965	0.837
Morgenstern-Price 방법	0.997	0.865
Spencer 방법	0.997	0.865
GLE 방법	0.997	0.865

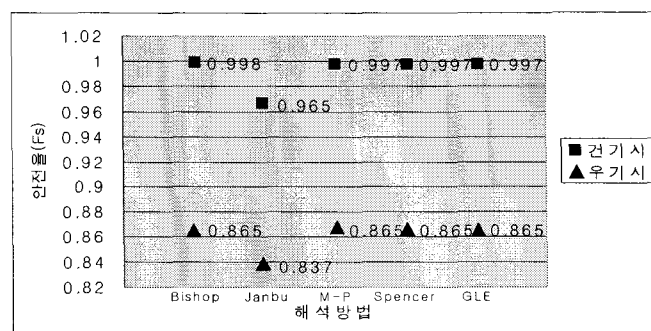


그림 3. 균질한 점성토로 형성된 사면의 안전율( $F_s$ )

위 결과에 나타난 바와 같이 안전율( $F_s$ )을 비교해보면 Bishop의 간편법이 각각 건기시 0.998, 우기시 0.865로 다른 방법에 비해 약간 크게 나왔으며, Morgenstern-Price 방법, Spencer 방법, GLE 방법은 건기시 0.997, 우기시 0.865로 같으며, Janbu 방법이 가장 작게 나왔음을 알 수 있다.

### 3.2 균질한 사질토로 형성된 사면의 안전율( $F_s$ )

표 2. 균질한 사질토로 형성된 사면의 안전율( $F_s$ )

해석방법	건기시	우기시
Bishop의 간편법	1.192	0.384
Janbu 방법	1.095	0.333
Morgenstern-Price 방법	1.190	0.435
Spencer 방법	1.190	0.435
GLE 방법	1.489	0.557

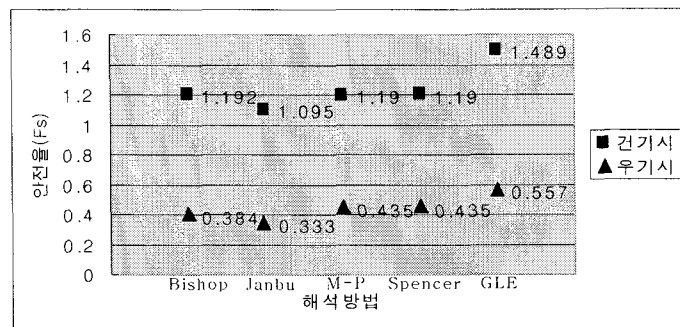


그림 4. 균질한 사질토로 형성된 사면의 안전율( $F_s$ )

위 결과에 나타난 바와 같이 안전율( $F_s$ )을 비교해보면 GLE 방법이 각각 건기시 1.489, 우기시 0.557로 다른 방법에 비해 두드러지게 크게 나왔으며, Bishop의 간편법은 건기시에는 다른 방법에 비해 약간 크게 나왔으나 우기시에는 Morgenstern-Price 방법, Spencer 방법에 비해 약간 작게 나왔다. 그리고 Janbu 방법은 점성도와 마찬가지로 안전율이 다른 방법에 비해 각각 건기시, 우기시 가장 작게 나왔다는 것을 알 수 있다.

### 3.3 일반적인 흙으로 형성된 사면의 안전율( $F_s$ )

표 3. 일반적인 흙으로 형성된 사면의 안전율( $F_s$ )

해석방법	건기시	우기시
Bishop의 간편법	1.198	0.676
Janbu 방법	1.122	0.620
Morgenstern-Price 방법	1.195	0.679
Spencer 방법	1.195	0.679
GLE 방법	1.286	0.688

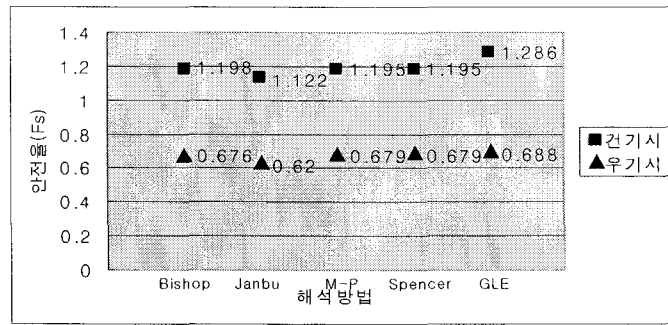


그림 5. 일반적인 흙으로 형성된 사면의 안전율( $F_s$ )

위 결과에 나타난 바와 같이 안전율( $F_s$ )을 비교해 보면 GLE방법이 각각 건기시, 우기시 다른 방법에 비해 가장 크게 나왔고, Bishop의 간편법은 건기시에는 다른 방법에 비해 크나 우기시에는 Morgenstern-Price, Spencer 방법보다 약간 작게 나왔다는 것을 알 수 있다. 그리고 Janbu 방법에서는 건기시, 우기시 다른 방법에 비해 현저하게 작게 나왔다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문은 사면안정 해석 프로그램 중 SLOPE/W를 이용하여 사면의 단면은 동일하다고 가정하고 흙의 전단강도를 변화시키며, 해석프로그램에 있는 해석 방법의 변화에 따라 사면의 안정성을 해석해 보았다. 결과에 나타난 바를 분석해 보면,

- (1) 균질한 점성토에서는 Bishop의 간편법이 각각 건기시, 우기시 다른 해석방법에 비해 약간 크거나 같게 나왔다.
- (2) 균질한 사질토에서는 GLE방법이 다른 방법에 비해 약간 크게 나왔으며, Bishop의 간편법은 건기시에는 다른 방법에 비해 약간 크게 나왔으나 우기시에는 Morgenstern-Price 방법, Spencer 방법에 비해 약간 작게 나왔다.
- (3) 일반적인 흙의 경우에서도 균질한 사질토에서와 같이 GLE방법이 다른 방법에 비해 가장 크게 나왔고, Bishop의 간편법 또한 사질토에서와 같이 건기시에는 다른 방법에 비해 약간 크게 나왔으나 우기시에는 Morgenstern-Price 방법, Spencer 방법에 비해 약간 작게 나왔다. 그러나 Janbu 방법에서는 위의 세가지 흙의 전단강도를 변화시켜도 다른 해석방법에 비해 가장 작은 안전율( $F_s$ )을 보였다.

위 내용을 정리하여 종합해 볼 때 각각의 해석방법에는 각 절편에 대해 한 개 혹은 그 이상의 한계평형 방법(Limit Equilibrium Method)을 사용하여 구하는데, 안전율은 파괴기준과 평형방정식의 항만으로는 구할 수 없으며 각 절편에 작용하는 모든 힘과 모멘트를 고려하여야 하므로 안전율의 값이 해석방법에 따라 약간의 차이가 있다고 볼 수 있겠다.

#### 참고 문헌

1. Anderson and Richards (1987), "Slope Stability", Wiley. pp 113~143
2. Lee. w, Abramson (1996), "Slope Stability and Stabilization Methods", Wiley. pp 441~480
3. Raymond B. Seed and Ross W (1992), "Stability and Performance of Slopes and Embankments-II", American Society of Civil Engineers. pp 158~174
4. Roy E (1986), "Geotechnical Engineering Investigation Manual", Hunt. pp 116~121