

국내 사면 안정성 평가 및 관리를 위한 지반정보시스템 개발연구 (A preliminary study of geotechnical information system for controlling of slopes in Korea)

이상균¹⁾, Sang-Kyun Lee, 유명환²⁾, Myong-hwan, Yu, 박형동³⁾, Hyeong-Dong, Park,
송원경⁴⁾, Won-Kyong, Song

요약(Abstract)

This study is focused on the development of a systematic and effective management tool for the controlling of slopes in Korea. First part of the study revealed that several important factors such as rainfall, slake durability and stratigraphy should be also considered in certain area of unstable rock slopes. Second part of the study suggested that it is necessary to build a geotechnical information system for the effective management, based on the GIS(Geographic Information System) and a borehole data management software.

주요어(Key Words)

사면안정성, 지반정보시스템, 사면정보시스템, 시추정보

1. 서론

자연적으로 형성된 사면 및 인위적인 절취사면은 다양한 원인들에 따라 불안정성이 야기되어 해마다 반복되는 피해를 일으키고 있다(그림 1, 표 1). 이러한 사면을 안정화시키기 어려운 이유는 사면불안정의 요인이 너무나 다양하여 그 정량적이고 공학적인 분석이 어렵기 때문이다. 예를 들어 자연산사태의 경우를 보더라도 최근의 연구에서 (Mazzoccola and Hudson, 1996) 주로 구조적으로나 지질학적으로 해석이 어려운 지역에 대한 분석요인으로 지질조건, 습곡, 단층, 강우량, 동결 및 융해작용, 과거의 불안정성, 암석시료의 강도, 풍화상태, 절리군의 개수, 방향성, 틈새, 연속성, 간격, 역학적 성질, 암반의 강도, 수리적 조건, 사면의 방향성, 사면의 형태, 현지응력, 잠재적 불안정성 등 20가지를 고려하였다. 이 연구에서는 지반재료의 역학적 성질에 해당되는 항목 외에 강우량, 동결 및 융해 등과 같은 외부의 기후조건을 포함시켜 상호관계를 정량화시키기도 하였다.

국내에서도 반복적으로 발생하는 사면 불안정문제를 효과적으로 평가하고 관리하기 위해서는 관리항목을 설정하고 그에 따른 적합한 분석관리기법을 도입해야 한다. 사면관리와 같은 다양한 변수를 포함하는 지반공학적 문제는 GIS(Geographic Information System)와 지반자료

1) 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정
2) 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정
3) 서울대학교 지구환경시스템공학부 전임강사
4) 한국자원연구소 암반발파그룹 선임연구원

데이터베이스를 효과적으로 결합시킨 지반정보시스템(Geotechnical Information System)을 통해 가능하다.

따라서 본 연구에서는 국내의 사면 안정성의 평가나 관리를 위한 조사항목선정을 위하여 사면안정에 영향을 끼치는 요인을 체계적으로 분석하는 방법을 제시하고자 한다. 또한 중요요인들 중에서 국내에서 그동안 별로 다루어지지 않았던 항목에 대해서는 국내 일부 지역에 대해 적용예비실험을 시도하는 것을 목적으로 한다. 시추자료를 효과적으로 관리하기 위한 전산화 작업시 사용될 입력변수들을 살펴보고 이를 통해 국내사면에 대한 보다 효과적인 관리시스템을 제안해 보고자 한다.

표. 1 한국의 산사태 발생으로 인한 인명 피해 현황(한겨레신문, 1996).

년도	사상자수
1990	16
1991	48
1993	9
1995	31

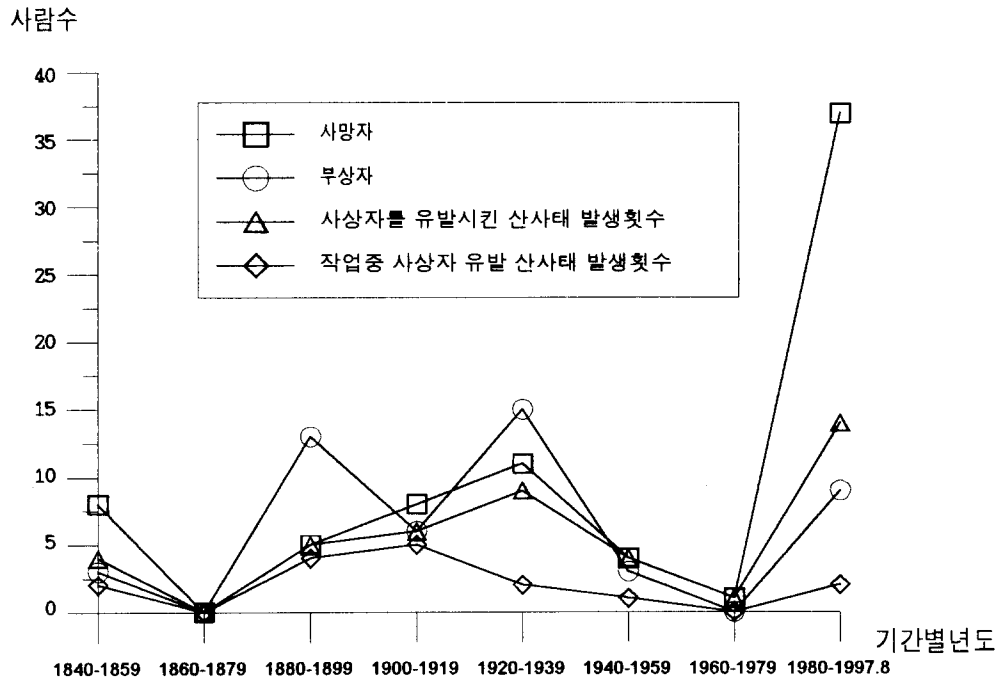


그림 1. 호주의 자연적, 인위적 산사태 발생 현황(Michael-Leiba, 1998).

2. 사면안정성에 영향을 끼치는 요인분석

2.1. 구성지반의 종류에 따른 분석

사면 불안정성 문제가 발생하는 지역은 단일 지반 (예: 단일토사, 단일 암층 등)의 경우에는 해당 흙의 공학적 성질, 해당 암석의 공학적 성질 등을 파악하게 된다. 특히 암반의 발달이 더 많은 우리나라의 경우 암반과쇄구조에 대한 빈도, 방향성 해석 등이 주요 분석인자로 채택되고 있다.

현재까지 알려진 외국의 연구사례 등을 통해 파악해 보면 사면 불안정성은 지반의 복합적 구성 (예: 상이한 토사층, 상이한 암반층, 토사+암반층)에 의해 발생하는 경우 규모나 피해상황이 더 크고 복잡하게 나타나고 있다. 예를 들어 지반의 수직층 분포 중 상부층의 암반에 비해 (예: 현무암층) 하부층 암반(예: 응회암, 이암)이 더 연약할 경우 지표면에서 파악하지 못했던 더 큰 규모의 사면불안정을 야기시키기도 한다 (Zaruba and Mencl, 1982; Benson, 1940; Dikau et al, 1996). 이러한 경우 지반의 수직층 분포 중 가장 연약한 지층의 공학적 성질이 전체 사면의 거동을 좌우하게 되므로 지표면의 암반에서 측정된 불연속면의 방향성 자료는 거의 쓸모없게 된다(그림 2).

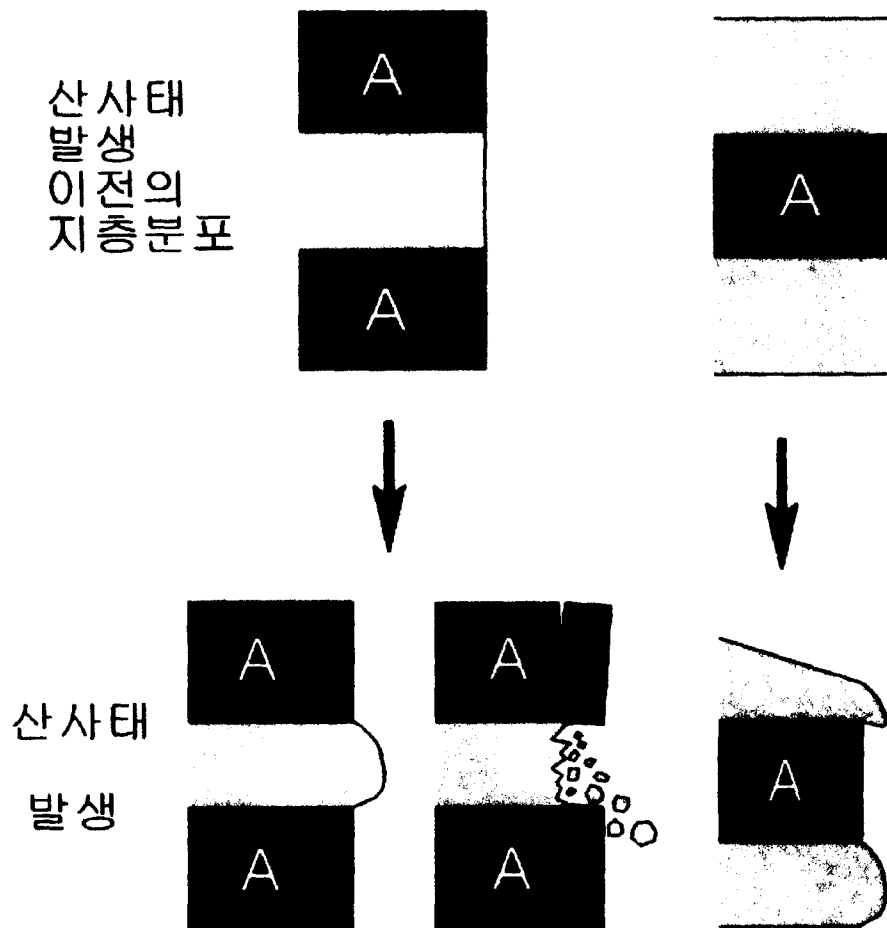


그림 2. 주요인과 2차적 원인(A:경암, B:연암).

2.2. 불안정성을 일으키는 외부 요인의 분석

일부 사면의 불안정성을 야기시키는 대표적인 원인 가운데에는 지하수위의 변동을 들 수 있

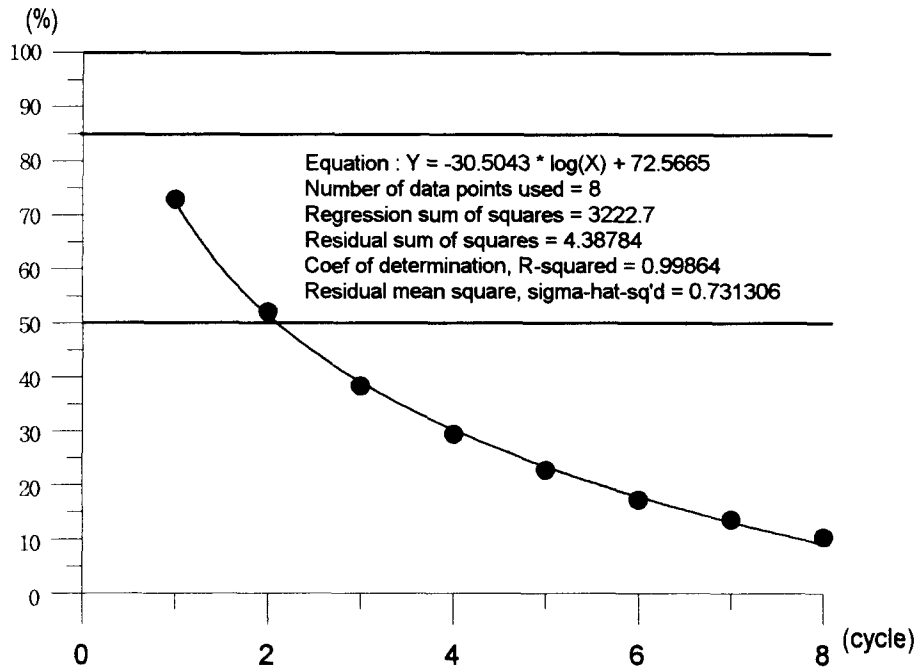


그림 4. 제주도 1번 시료에 대한 Slake Durability 그래프.

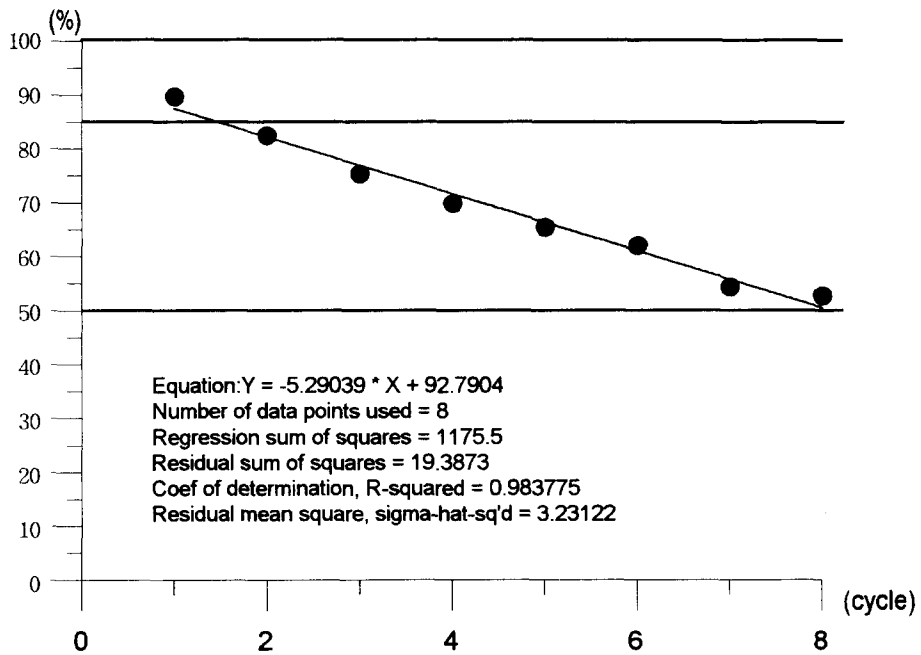


그림 5. 제주도 5번 시료에 대한 Slake Durability 그래프.

3. 국내 사면조사 및 관리에 필요한 시추정보 전산화 프로그램의 개발

사면관리나 기타 각종 지반공학적 문제를 관리하기 위해서는 지반상태를 정확히 파악하는 시추자료의 전산화 작업이 필수적이다. 이를 위해 국내 각 기관별로 조금씩 다르게 제시되고 있는 시추자료를 효과적으로 관리할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

3.1 데이터 관리와 구조

GeoScope으로 명명된 이 프로그램(그림 6)은 국내의 대표적인 발주처 중심으로 정보자료양식을 선택할 수(그림 7) 있고 이를 통해 필요한 정보들을 관리할 수 있다. 이외에 시추회사 정보, 프로젝트정보, 암석과 흙의 종류에 따른 여러가지 정보등 여러 자료를 데이터 베이스 형식으로 담고 있어 사용에 편리하고 이를 통해 표준화된 양식을 구축할 수 있도록 해준다. 이로써 구축된 지반 정보를 국가 전체적으로 활용하고 공유할 수 있도록 만들어 줄 수 있다.

GeoScope는 입력단계에서 관계형 데이터베이스의 구조에 맞게 각 입력변수를 입력한다. 여기서 시추공을 통해 얻는 지반 정보는 이차원적이라기 보다는 삼차원의 구조를 가지는 특성을 가지는데 이를 만족 시켜 주기 위해서는 각 입력 변수에 따라 다른 심도 구간을 설정해야 한다(Park et al., 1998). GeoScope에서는 이를 위해 이러한 관계형 데이터 베이스의 구조를 가지고 있다.

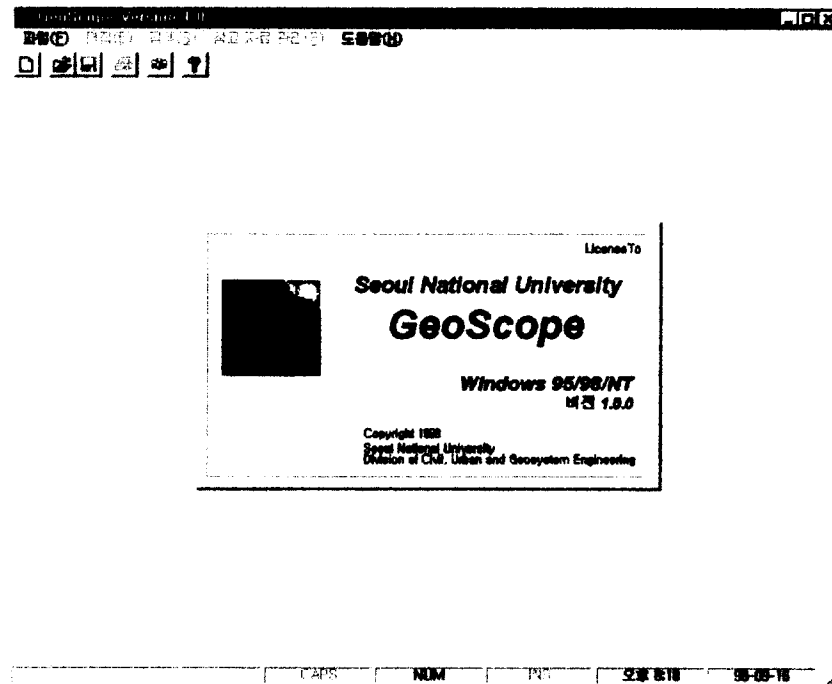


그림 6. GeoScope초기 화면.

발주처 코드	C-4	대표자	이홍준	추가
발주처	한국건설공사			등록
주소/도/시	서울시	주소/시/군/구	동작구	삭제
주소/동/층/면적	곡직1동	주소/번지	143-29	취소
주소/우편번호	156-071	전화번호	662-7223	
연면적	서울-98-10293			

그림 7. 발주처 정보입력 화면.

3.2 데이터 입력

하지만 심도를 중복해서 입력하는 불편함을 해결하기 위해 사용자가 같은 공통심도에 따라 구간이 나누어 질 수 있는 입력변수와 그렇지 않은 입력 변수를 구분하여 선택하고(그림 8) 이를 각각 공통심도자료와 독립형 자료로 명명한 후 이에 따라 다르게 입력하도록 되어 있다(그림 9, 그림 10).

[공통 심도]	
<input type="checkbox"/> 건조단위중량	<input type="checkbox"/> 광희중시험
<input type="checkbox"/> 단축압축시험	<input type="checkbox"/> 제머싱
<input type="checkbox"/> 삼축압축시험	<input checked="" type="checkbox"/> 코어편수용
<input type="checkbox"/> 시료경보	<input checked="" type="checkbox"/> 토양함석정보
<input type="checkbox"/> 역성관계	<input checked="" type="checkbox"/> 표준관입시험
<input type="checkbox"/> 인장강도시험	<input type="checkbox"/> 용해도
<input type="checkbox"/> 전단강도시험	<input type="checkbox"/> 함수용
<input type="checkbox"/> 정리정보	<input checked="" type="checkbox"/> 전지투수계수
	<input checked="" type="checkbox"/> DSF

그림 8. 사용자가 공통심도에 따른 입력변수를 선택하는 과정

또한 사면안정이나 지반침하 등등 각각의 프로젝트 성격에 따라 필요한 변수들을 선택하여 관리할 수 있도록 개발하였다. 사면의 경우 필요한 지반에 따라서는 시간에 따른 지하수위의 변동상황, Slake durability 등이 추가로 선택될 수 있다.

공통심도		공통심도별 자료		
Top	Bottom	토질명	토질특성	기타
0	8	모양(CH)		층적토(Medium)
8	14.2	모양(GC)	점성	심도: 8.0-14.2
14.2	17.7	점토	점성	심도: 14.2-17.2
17.7	20	점토	점성	심도: 17.7-26.0
20	26	점토	점성	
26	28			

그림 9. 공통심도에 따르는 입력변수값을 입력하는 화면

건조단위점량		점량
Top	Bottom	점량
1.1	3.5	
1.2	2.1	2750

그림 10. 공통심도에 따르지 않는 독립형 자료를 입력하는 화면

3.3 주상도 출력

GeoScope는 현재 국내에서 사용되고 있는 10여종 내외의 주상도 양식을 지원할 수 있도록

개발되었고(그림 11) 하나의 양식으로 부터 얻은 자료를 다른 양식으로 쉽게 변환시킬 수 있도록 설계되었다.

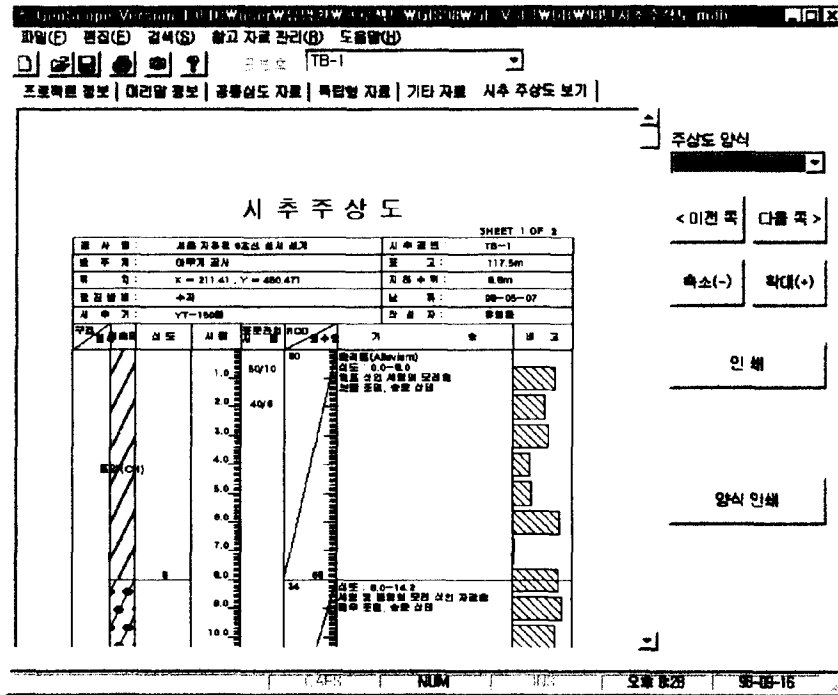


그림 11. 주상도 출력 화면.

3.4 그 밖의 특징

사용자가 입력하는 과정에 맞추어 주상도 작성 과정이 진행될 수 있도록 하였고 탭형식의 구조를 가지고 있어서 손쉽게 입력할 수 있다. 또한 도움말 기능을 통해 용어의 정확한 정의와 통일을 이룰 수 있다.

4. 결론

국내의 사면은 자연적으로 존재하거나 인위적인 절취에 따른 많은 사면들이 존재하고 있으며 이를 효과적으로 관리하기 위해서는 지반조건에 따라 적합한 실험항목, 조사항목을 선정하고 이를 시추정보전산화를 통해 관리하는 지반정보시스템을 적극적으로 개발하고 활용해야 한다. 특히 입력항목 선정에 대한 연구가 체계적으로 이루어져야 하며 slake durability와 같은 항목의 정량적 활용에 대한 연구도 추진해야 할 것으로 제안한다.

참고문헌

1. 김마리아, 1988, 강우로 기인되는 산사태에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문, pp1-56.
2. 서울시스템, 1997, 조선왕조실록(CD판), 1-3집.
3. 서울시스템, 1998, 고종순종실록(CD판).
4. 한겨레신문, 1996, 한겨레 21. 119호, pp.47.
5. Benson, W.N., 1940, Landslides and applied features in the Dunedin District in relation to geological structure, topographic and engineering, Roy. Soc. New Zealand Trans., vol.70, p.249-263.
6. Dikau, R., Brunsten, D., Schrott, L. Ibsen, M., 1996, Landslide recognition, John Wiley & Sons, 251p.
7. Han, D.S., 1998, Rainfall-induced landslides in the southeastern part of the Republic of Korea, Proc. of the 8th Congress of the International Association for Engineering Geology and the Environment, vol.1, p.1959-1966.
8. Jeffrey, C.D. and Abdul, S., 1995, Characterizing durability of mudrocks for slope stability purposes, Clay and shale slope instability(ed. W.C. Haneberg & S.A. Anderson), Geological Society of America Reviews in Engineering Geology vol.X, p.121-130.
9. Michael-Leiba, M., 1998, Human and financial impact of landslides in Australia, 2nd International Conference on Environmental Management, Wollongong, New South Wales, Australia, p.997-1003.
10. Mazzoccola, D.F. and Hudson, J.A., 1996, A comprehensive method of rock mass characterization for indicating natural slope instability, The Quarterly Journal of Engineering Geology, vol.29, p.37-56.
11. Park, H.D. & Chon, H.T., 1998, A quantitative analysis on the influence of the rainfall on the landslides in Korea, 2nd International Conference on Environmental Management, Wollongong, New South Wales, Australia, p.1003-1009.
12. Park, H.D. and Shon, H., 1996, Landslide problems in south-eastern part of Korea, Proc. of the 30th International Geological Congress, pp.349.
13. Park, H.D., Yu, M.H. and Song, W.K., 1998, Management of borehole data and its application into the site investigation in Korea, Proc. of the 8th Congress of the International Association for Engineering Geology and the Environment, vol.1, p.599-602.
14. Zaruba, Q. and Mencl, V., 1982, Landslides and their control, Elsevier, 324p.