

고속도로 절토사면 자료관리 프로그램 개발

유 병욱, 황 영철

한국도로공사 도로연구소

초 록

절토사면은 토층, 풍화토, 풍화암, 연암, 경암 등의 풍화도가 다른 물질로 구성되어 있어 지반구성 물질에 대한 공학적인 판단이 쉽지 않으며 시공 중 또는 후에 사면의 안정성 문제가 대두되고 있는 실정이다. 사면의 안정성 문제는 과거 30여년 동안 고속도로의 많은 절토사면에서 경험되어 왔으며 현재에도 계속적으로 사면붕괴 및 복구를 경험하고 있으나 체계적인 관리 및 조사가 이루어지지 않고 있다. 따라서, 본 연구는 절토사면의 체계적인 관리체계의 구축과 효율적인 자료분석을 위하여 사면관리용 데이터베이스 프로그램을 개발하였다. 이들 관리프로그램을 활용한다면 국내에 분포하는 암반의 내적 요인들에 대한 지질 공학적인 특성을 파악할 수 있으며 지역에 따라 분포하는 암석종류, 지질시대 및 지질구조에 따라 붕괴유형 및 발생빈도 등을 분석함으로써 도로 및 주택단지의 개설시 예비적인 사면안정문제를 예견할 수 있을 것으로 판단된다.

1. 서 론

인구증가 및 산업발달로 인해 국토의 효율적인 개발이 요구되면서 산악지형이 많은 우리나라는 산지를 절취하여 도로개설 및 주택단지의 개발 등으로 대규모 절토사면이 형성되는 사례가 많다.

절토사면은 토층, 풍화토, 풍화암, 연암, 경암 등의 풍화도가 다른 물질로 구성되어 있어 지반구성 물질에 대한 공학적인 판단이 쉽지 않으며 시공 중 또는 후에 사면의 안정성 문제가 대두되고 있는 실정이다. 이러한 사면의 안정성 문제는 과거 30여년 동안 고속도로의 많은 절토사면에서 경험되어 왔으며 현재에도 계속적으로 사면붕괴 및 복구를 경험하고 있다(Fig. 1). 그러나 국내에 분포하는 절토사면의 체계적인 관리 및 조사가 이루어지지 않고 있으며 해마다 절토사면의 붕괴로 인한 인명피해 및 재산피해를 경험해 오고 있으나 분포하는 절토사면개소조차 파악되지 않고 있는 실정이다.

홍콩의 경우를 살펴보면, 홍콩은 국내의 지형여건과 유사하게 많은 산지로 이루어져 있으며 좁은 국토면적을 이용하기 위하여 도로 및 주택단지 등을 산악지에 형성하여 이로 인해 홍콩 내에는 약 60,000여개의 사면이 분포하여 매년 많은 사면붕괴로 인한 인명피해 및 재산피해가 발생되고 있다. 홍콩은 사면붕괴에 대한 문제를 1970년대부터 인식하여 사면을 체계적으로 관리하는 시스템을 도입하여 홍콩 내에 분포하는 모든 사면에 대해 정기적인 조사 및 유지관리를 행하고 있다. 현재 홍콩 내의 사면은 GEO(Geotechnical Engineering Office)에서 사면만을 전담하는 엔지니어들이 수백명 일하고 있으며 이들에 의해 많은 사면들이 관리되고 있다.

국내의 고속도로에서는 절토사면의 분포수가 2000년 현재 공용중인 노선에서 약 3,600여개의 절토사면이 분포하고 있으며 2004년 이후에는 약 4,700 여개의 절토사면이 형성될 것으로 예상된다.

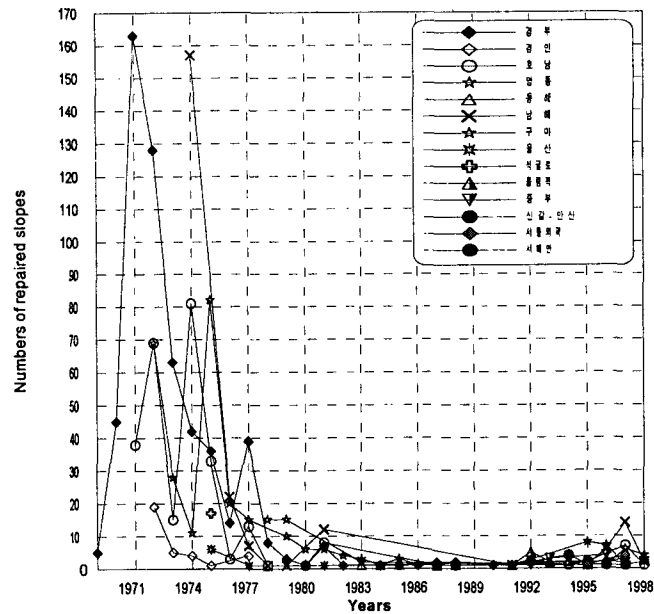


Fig. 1. A number of repair of failed slope in highways

절토사면의 붕괴는 각 사면마다 매우 다른 지반조건과 주변조건, 지역별 지질 및 환경조건 등이 복합적으로 작용하게 되므로 이를 붕괴확률을 줄이기 위해서는 체계적인 절토사면의 관리 및 대상지역에 대한 많은 조사가 필요한데 각각의 지반조건이나 지질조건 등이 다양한 사면에 대해 붕괴가능 인자를 충분히 고려하여 설계시에 반영하기 위한 객관적 자료를 구축한다는 것은 매우 어려운 일이며, 이는 많은 공학적 통계자료가 뒷받침되어야 한다. 따라서, 본 연구는 이러한 절토사면의 체계적인 관리체계의 구축과 효율적인 자료분석을 위하여 사면관리용 데이터베이스 프로그램개발에 연구의 주목적을 두었다.

이러한 관리데이터베이스 프로그램은 절토사면에서의 제반특성에 대한 통계처리를 통하여 절토사면의 안정에 영향을 미치는 요소를 분석할 수 있을 것으로 판단되며 도로 및 주택단지의 개설시 예비적인 사면안정문제를 예견할 수 있을 것으로 예상된다.

2. 붕괴에 영향을 미치는 인자 조사

붕괴특성 자료관리를 위한 데이터베이스 구축시 입력되는 자료는 사면의 안정검토에 필요한 모든 인자들이 포함되어야 하며 이를 충분히 고려할 수 있도록 설계하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 절토사면의 붕괴발생에 있어 중요한 요인이 되는 지반조건 및 지질조건, 지형, 강우, 지하수조건, 사면형상 및 그 밖의 여러 조건에 의해 영향에 대해 세부내용을 기술하면 다음과 같다.

2.1 지반 및 지질조건

암반사면의 붕괴 중 가장 영향을 크게 미치는 요인중의 하나는 사면의 지반조건 및 지질조건이다. 특히 단층, 층리, 편리, 엽리 등의 지질구조가 발달한 사면은 이 지질구조선을 따른 붕괴가 많이 발생하고 있으며, 이는 사면의 풍화상태와 밀접하게 연관되어 위험도가 결정되게 된다. 또한, 이러한 지질

구조적 문제는 사면의 암종에도 관련이 있으며 분석된 자료에 의하면, 경기 변성암복합체를 이루는 암층은 지질구조선이 복잡하고 풍화양상 또한 복잡하여 굴착에 의해 지표면으로 노출되었을 경우, 풍화속도가 빠르고 발달된 미세균열에 의해 쉽게 깨어지게 된다. 퇴적암층은 주로 세일과 사암으로 이루어진 층으로서 이는 세일과 사암이 서로 교호하는 면에서 점토질 성분을 가진 충전물질로 인해 층리면을 따라 붕괴가 발생하는 특징을 나타내고 있다.

토층구간의 붕괴빈도는 지반조건이 사질토로 이루어진 사면이 가장 높게 나타났으며 토사붕괴는 흔히 기반암 위에 놓여 있는 붕적토와 풍화토 등에서 발생하는 것으로 나타났다. 특히, 흙의 강도나 투수성 등에서 뚜렷한 차이가 있을 경우, 이 면을 따라 지하수의 유입으로 발생하는 경우가 많았다.

2.2 지형조건

사면붕괴 요인중 지형조건에 의한 영향은 세부적으로 고려되어야 할 인자가 너무 많으므로 특별히 명확한 지형조건을 붕괴요인으로 고려하기가 어렵다. 그러나 전반적으로 우리 나라의 계절적 특성상 우기시 집중되는 강우를 적절히 배수할 수 있는 지형조건인가의 여부에 따라 붕괴 위험도가 증감하게 된다. 수집된 자료에 의하면 지형여건상 집수면적이 매우 넓은 지역이거나 상부에 묘지나 밭, 논, 과수원과 같은 인위적인 구조물이 존재하여 사면의 집수면적이 큰 경우 붕괴가 발생한 사례가 많은 것으로 비추어 이에 대한 영향을 충분히 고려할 필요가 있다. 따라서, 지형조건에 대한 영향을 고려할 수 있도록 데이터베이스 프로그램의 입력항목을 구성하였다.

2.3 강우 및 지하수조건

조사된 사례 중 강우강도가 높은 시기에 발생한 붕괴사례가 매우 많은 것으로 나타났다. 그러나 붕괴발생을 유발한 당시의 강우량 자료가 많지 않으므로 지금까지의 자료로는 붕괴발생요인과 강우조건에 대한 직접적인 상관관계를 분석할 수는 없으나 강우는 사면안정에 매우 큰 영향을 반영하는 인자 중의 하나라는 사실은 분명하다. 따라서, 지역별 붕괴특성을 규명하기 위해 이에 대한 자료확보가 필요하므로 이를 입력항목으로 고려하였다.

지하수 및 지표수는 지형여건 및 강우에 따라 영향을 받으며 원 지하수의 상태는 사면의 풍화속도에 영향을 미치는 요인이므로 사면의 지하수위에 대한 정보를 확보하는 것도 중요하다고 하겠다. 또한 지표수의 경우는 지표수의 양과 유속 등에 의해 사면을 부분적으로 침식시키게 되며 이는 점차로 붕괴로 발전하게 되는 요인이 된다. 그러나, 지표수의 경우 사면 안정성에 영향을 미치는 것은 사실이나 이를 정량화하기 매우 어려운 문제이므로 이를 다른 인자들과 연관지어 파악하고 지표수에 의한 영향이 최소가 되도록 하는 방안을 강구하거나 많은 조사자료로부터 이에 대한 영향을 정량화 하는 것이 필요하다.

2.4 사면의 기하학적 조건

일반적으로 사면의 높이가 높을수록 붕괴가능성이 크고 붕괴시 피해도 크게 된다. 현장조사자료의 분석결과도 높은 사면일수록 붕괴빈도가 높았으며 붕괴 토량도 많은 것으로 나타났다. 또한 사면의 붕괴는 사면형상이 계곡부를 포함하고 있는지의 여부에 따라서도 붕괴에 영향을 미치게 된다. 즉 사면형상이 계곡부를 포함하는 U형이나, 사면의 중앙부가 최고점인 V형이나에 따라 영향을 받게 되며, 이는 강우의 집수와의도 연관이 있지만 U형 사면에서는 계곡부를 형성하는 부분에 붕적토층이 형성될 수 있는 여건이 되므로 이 부분에서 사면붕괴가 발생할 가능성이 크게 된다. 이는 설계나 시공시 절취사면경사의 확일적 적용에 따라 붕괴를 유발하게 되는 원인이 될 수 있다. 따라서 사면의 기하학적 여건을 고려할 수 있도록 하였다.

2.5 굴착작업조건

도로 주변의 사면은 대부분 인위적으로 생성되는 것이므로 이러한 인위적 절토작업 자체가 붕괴의 원인이 될 수 있다. 이는 사면 절취에 따라 노출된 면의 환경이 급속히 변화하고 지금까지 안정을 찾아온 사면이 힘의 불균형으로 붕괴가 발생하기 때문이다. 이는 앞에서 언급된 붕괴유발 인자들을 설계시 충분히 고려함으로써 감소시킬 수 있으나 이를 완벽히 제거하기는 경제성과 맞물려 현실적으로 매우 어려운 문제이며 따라서, 이 인자들에 대한 충분한 영향검토가 필요하다.

2.6 사면보호공

사면의 안정을 확보하기 위하여 사면보호공을 시공한 경우에 증가된 안정성이 어느 정도인가를 객관적이고 정량적으로 평가하는 것은 쉬운 일이 아니다. 사면보호공은 지반조건 및 여러 주변환경을 고려하여 적절하게 적용하여야 하지만 그렇지 못한 경우는 오히려 붕괴를 유발하는 원인을 제공할 수도 있다. 따라서, 사면보호공의 상태 및 사면보호공의 적용이력들을 체계적으로 관리하는 것이 지속적인 안정확보를 위해 중요하므로 이를 입력자료로 선정하였다.

3. 자료관리 데이터베이스 설계

3.1 개발 및 운영환경

본 데이터베이스 프로그램(DB/SLOPE(ver.1.0))은 Windows95 이상의 환경하에서 구동할 수 있도록 개발되었으며 개발언어는 PowerBuilder 6.0, Visual C++로 제작되었다. 데이터베이스 엔진은 C/S환경을 고려하여 Personal Oracle 7.2를 이용하였다.

또한 본 프로그램의 특징은 서버장비 구축을 사전에 대비 C/S환경에 보다 강력한 PowerBuilder와 Personal Oracle을 채택하였으며 시스템의 속도 향상을 위해 Visual C++ Code를 추가하였다. 이를 정리하면 다음과 같다(Fig. 2).

- (1) OS : Window 95
- (2) 개발 Tool : PowerBuilder 6.0, Visual C++
- (3) DB : Personal Oracle 7.2 (C/S 환경 고려)

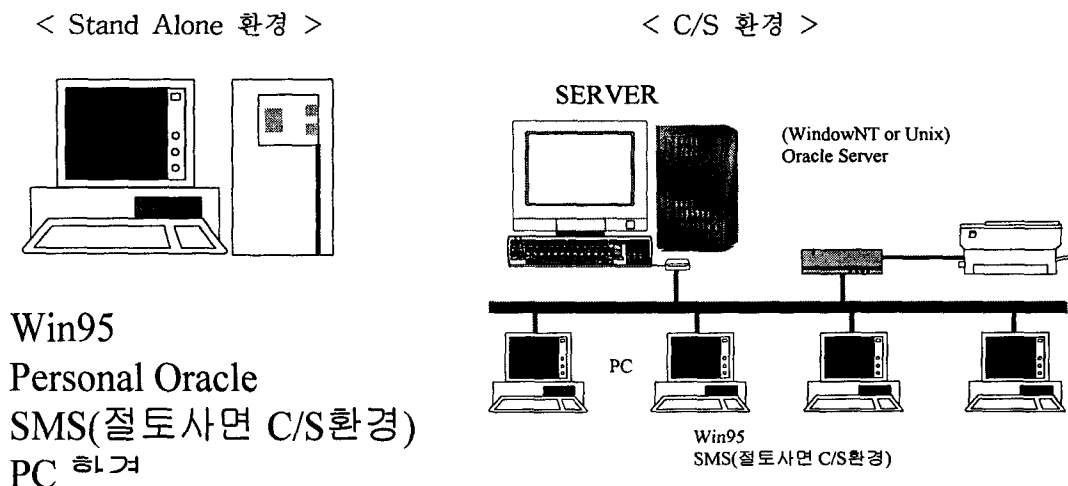


Fig 2. Concept Drawing of C/S Environment and Stand alone of Developed Program

3.2 업무분석 및 데이터 흐름

원활한 자료의 공유 및 효율적 활용을 위해서는 기존의 업무흐름, 체계에 대한 분석 및 데이터 모델에 대한 분석이 필요하다. 즉, 이 프로그램은 절토사면에 관련된 많은 자료의 등록 및 현황관리를 수행할 수 있는 기능을 포함하고 있으며, 이에 대한 업무분석 및 각 소주제별 연관성을 정리하여 데이터 흐름도를 작성하면, Fig. 3과 같다.

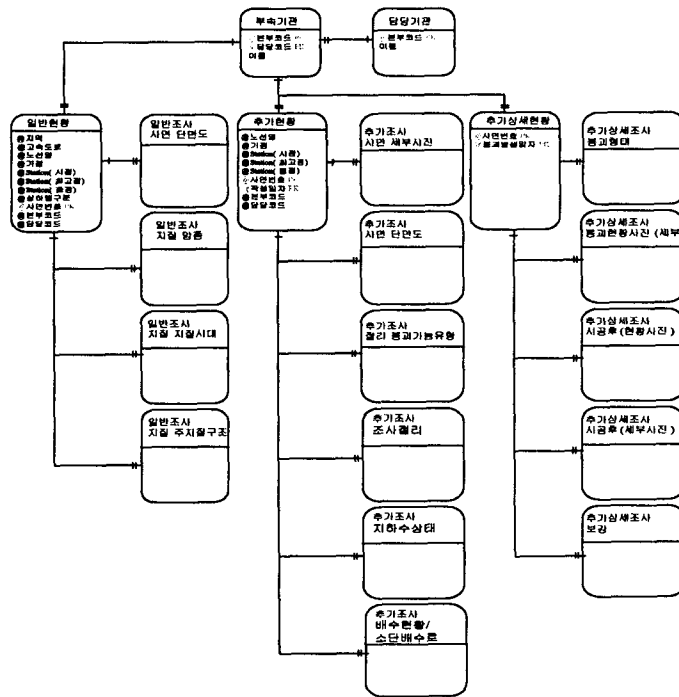


Fig. 3. ERD Model of Database Program

(1) ERD(Entity Relation Diagram)

Fig. 3은 프로그램에 사용된 각 데이터들의 상관관계를 표현한 관계모형도이며 각 입력자료들의 특징에 따라 연결되는 내용을 표현한 것이다.

(2) DFD(Data Flow Diagram)

절토사면 붕괴특성의 자료관리를 위한 데이터베이스 프로그램의 데이터 흐름도는 Fig.4 및 5와 같다.

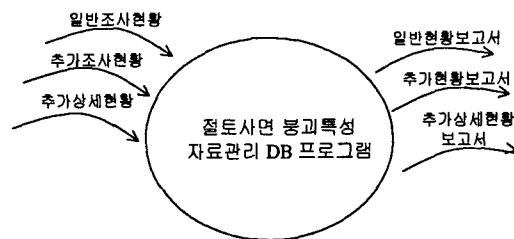
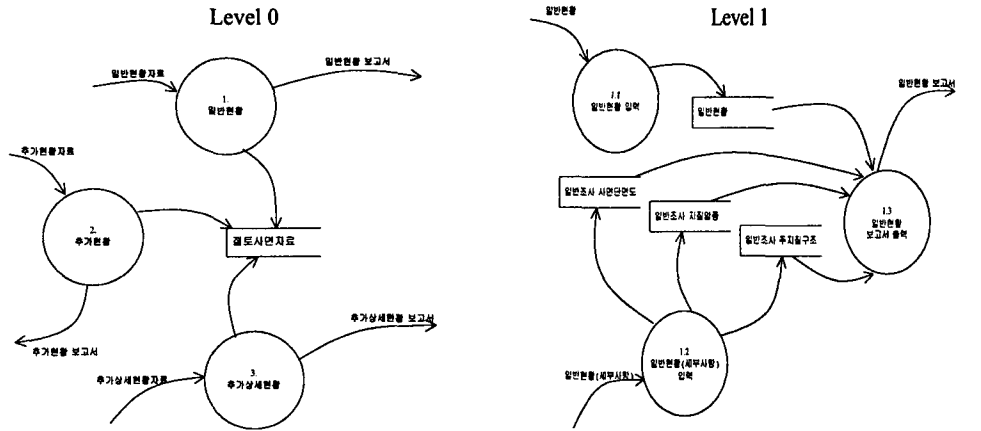
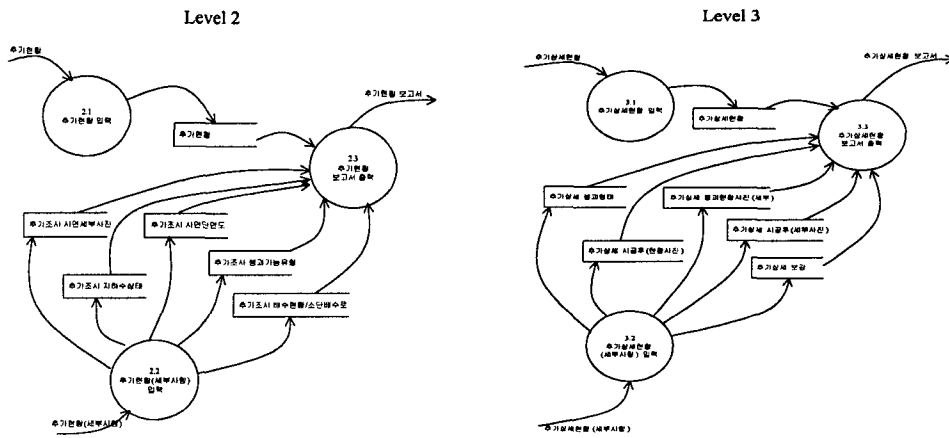


Fig. 4. Data Flow Diagram



(a) DFD(level 0) of Data Management Program (b) DFD(level 1) of Data Management Program



(c) DFD(level 2) of Data Management Program (d) DFD(level 3) of Data Management Program

Fig. 5. DFD of Data Management Program

3.3 절토사면 자료관리 데이터의 구성

3.3.1 개요

본 데이터베이스 프로그램은 절토사면의 자료관리로부터 지역별 또는 지질별 절토사면의 구배결정 기초자료를 확보하고자 하는 것이며 이러한 목적에 부합하도록 구성되었다. 이를 위하여 입력자료를 일반조사현황과 세부조사현황으로 구분하였으며 이에 대한 데이터 연계 및 기능은 Fig. 6과 같다.

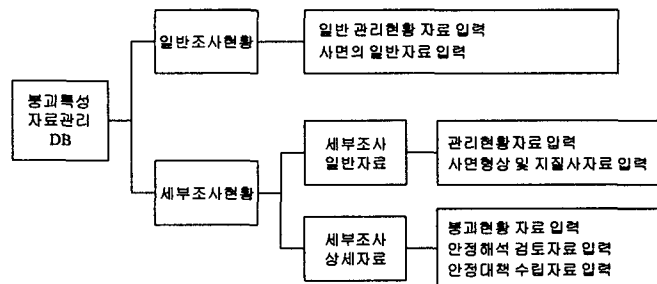


Fig. 6. Composition of Data Management Program for Failure Characteristics of Slope

3.3.2 일반조사현황 데이터

일반조사현황에는 대상사면을 담당자 및 현장자료 조사자에 관한 인적사항과 사면의 일반적인 profile을 내용으로 하고 있다. 일반조사현황은 특별한 문제를 포함하고 있지 않더라도 입력하여야 하는 필수항목으로 구성되어 있으며 이는 다음의 세 가지 목적을 위해 구성되었다.

- 고속도로 주변에 분포하는 전체 절토사면의 파악
- 시간경과에 따른 풍화진행, 예기치 못한 자연재해 발생 등으로 인한 사면의 붕괴발생시, 붕괴전 사면의 상태 확보
- 표면보호공의 시공 또는 식생천이시 점차로 사면의 표면에 대한 정보를 얻는 것이 어려워지므로 가능한 한 조기에 노출이 많이 된 사면표면에 대한 정보 확보

따라서, 이러한 목적을 위하여 일반조사내용은 사면코드, 사면위치, 사면일반현황, 사면현황, 지질현황 및 인접구조물 현황에 대한 자료를 포함하고 있으며 Fig. 7은 일반조사현황 입력내용에 관한 자료 구성을 나타낸다.

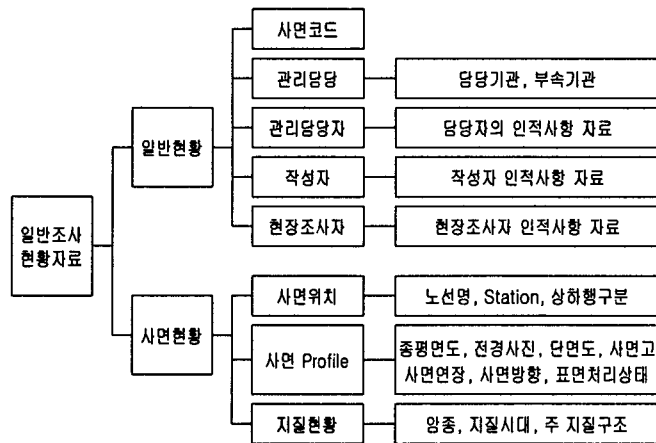


Fig. 7. Composition of General Information of Slope

3.3.2.1 일반현황

일반현황에는 최초로 사면을 조사하여 자료를 입력한 날짜를 기입하게 함으로써 사면조사내용에 관한 이력관리를 할 수 있도록 하였고, 자료조사 및 입력당시의 담당기관 및 관리담당자에 대한 정보를 입력하도록 하였다. 또한 입력 작성자와 현장에서의 조사내용에 관한 정보의 신뢰성확보를 위하여 현장조사자에 대한 정보도 입력하도록 하였다.

1) 사면코드

사면코드는 전국적으로 산재해 있는 사면들을 이 코드만으로 식별 가능하도록 한 것으로 이 코드에는 일반적인 사면위치정보에 대한 내용을 담고 있고, 대상 사면이 본선에 속해있는지 아니면 IC Ramp 구간인지, 그리고 상행선에 위치한 사면인지 하행선에 위치한 사면인지 등에 대한 정보를 코드화하여 식별할 수 있도록 하였다.

또한 이 코드는 한 사면이 한 개만 갖는 고유명칭으로서 본 데이터베이스 프로그램에서 key-code 이다.

2) 관리사항 입력

관리사항에는 담당기관 및 담당자, 작성자, 현장조사자 등으로 구성되어 있으며, 해당 항목에 대해서는 인적사항을 입력하도록 하였다.

3.3.2.2 사면현황

사면현황에는 당초 현재상태의 종평면도 및 단면도와 최초 조사당시의 전경사진 입력을 포함하고 있으며, 사면높이, 사면연장, 사면방향(Dip/Dip direction) 및 조사당시의 표면처리 상태를 입력할 수 있도록 하였다.

1) 사면위치

사면위치는 대상사면이 위치한 지역의 지명을 포함하고 있으며, 고속도로명과 해당고속도로의 기점 명칭 그리고 기점으로부터의 사면의 시작점과 끝점의 거리를 입력할 수 있도록 하였고 사면의 최고점이 위치한 이정까지를 입력할 수 있도록 하였다.

또한 동일한 이정이다 하더라도 상·하행선에 병행하여 존재할 수 있으므로 이를 구분할 수 있도록 하였고 향후 GIS와의 연계를 고려하여 GPS 좌표점을 입력하도록 하였다.

2) 사면 Profile

이 항목에는 사면의 전경사진과 종평면도, 단면도 등의 그래픽자료와 사면연장, 높이, 사면방향 및 표면처리상태에 대한 정보를 입력하도록 하였다. 이는 사면의 초기상태의 정보로부터 고속도로 주변 사면의 전반적인 상태를 파악하기 위함이고 또한 문제발생시 초기조건에 대한 정보를 얻기 위함이다.

3) 지질현황

지질현황은 암종, 지질시대 및 주 지질구조에 대한 기본적인 정보를 포함하고 있으며 이 항목들은 절토사면의 지질학적 특성을 구분하고 분류하는데 이용되기 위해 입력된다.

3.3.3 세부조사현황 데이터

세부조사현황에는 일반조사현황 이외에 추가로 조사된 내용으로 구성되어 있으며, 세부조사현황 데이터는 크게 일반현황, 사면현황, 붕괴현황, 안정해석 및 안정대책으로 구성되어 각각의 세부내용을 입력하도록 되어 있다.

세부조사현황은 일상적인 점검 이외에 사면 안정에 문제가 발생할 경우마다 그 내용을 추가하여 입력할 수 있도록 구성되어 있으며 이는 다음의 목적으로 구성되었다.

- 고속도로 주변 절토사면의 붕괴이력 파악
- 축적된 붕괴형태와 이력관리로부터 지역별, 붕괴원인별 붕괴특성을 파악하고 이로부터 절토사면의 구배결정 인자에 대한 기본적 자료 확보
- 지속적 추적조사 등으로 안정대책 수립에 따른 보강공의 내구성 및 최적의 방안을 제시할 수 있는 지표를 마련할 수 있고 이에 따라 경제적 잇점확보

위의 목적으로 구성된 세부조사현황 자료구성은 Fig. 8과 같고 각 구성자료에 대한 세부내용을 기술하면 다음과 같다.

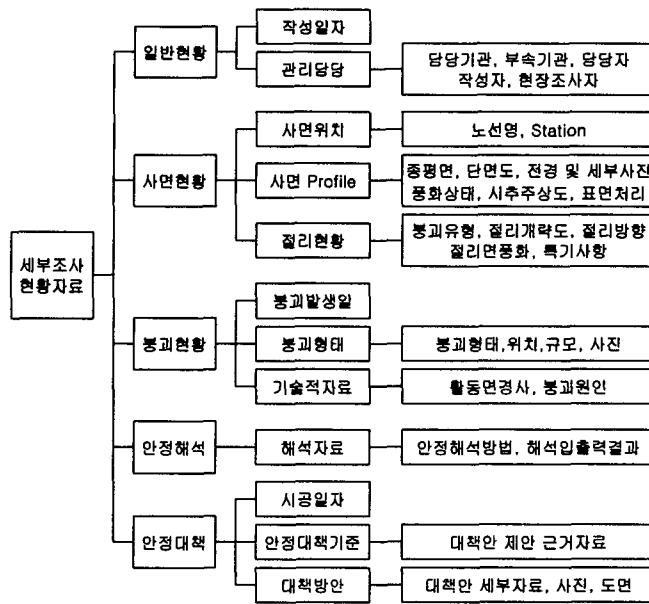


Fig. 8. Composition of Detail Investigation

3.3.3.1 일반현황

세부현황조사자료 내의 일반현황은 일반조사자료에서의 일반현황과는 구분되며, 이는 사면의 정기적 혹은 비정기적 조사에 의한 변동사항 뿐만 아니라 절토사면에서의 이상유무 발생시 이상에 대한 입력을 위한 기본자료로서 작성일자와 관리담당에 관한 내용을 포함한다.

1) 작성일자

작성일자는 비정기적으로 입력할 수 있도록 구성되어 있으며 사면의 이상유무 발생에 대한 입력일자를 나타낸다.

2) 관리담당

관리담당은 당초 최초자료의 입력시와 변동될 수 있으므로 일반조사현황에서의 관리담당내용과는 중복될 수도 혹은 달라질 수도 있게 된다. 이 항목은 관리담당기관 및 관리담당자, 작성자 및 현장조사자에 대한 정보로 구성된다.

3.3.3.2 사면현황

붕괴가 발생하였거나 노선확장 등에 의해 사면에 대한 기본정보가 변동될 수 있으므로 이를 입력하도록 구성한 항목이다. 이 내용은 사면위치정보와 사면 Profile 그리고 절리세부현황을 포함한다.

1) 사면위치

사면위치는 대상사면이 위치한 고속도로명과 노선, 기점명칭 그리고 기점으로부터의 사면의 시작점과 끝점의 거리를 입력할 수 있도록 하였고 사면의 최고점이 위치한 이점까지를 입력할 수 있도록 하였다.

2) 사면 Profile

이 항목에는 사면의 전경사진과 종평면도, 단면도, 사면의 지질학적 조사에 의한 응용지질도 및 응용지질단면도 등의 그래픽자료와 세부조사 당시의 사면연장, 높이, 사면방향(Dip/Dip direction) 및 표면처리상태에 대한 정보를 입력하도록 하였다. 또한 사면 표면은 노출되어 있는 상태로 시간의 경과에 따라 풍화가 진행되며 이에 따라 안정성이 점차 저하될 수 있으므로 사면의 풍화상태를 각 지층에 따라 그 풍화정도를 나타낼 수 있게 하였다.

3) 절리현황

암반사면의 안정에 가장 큰 영향을 미치는 요인중의 하나는 사면에 발달해 있는 불연속면의 정보이다. 불연속면에 대한 정보는 사면 각각에 대한 세부적인 안정성 판단을 위한 자료를 제공하기 위한 것과 우리 나라의 전역에 걸친 자료의 확보로부터 지역별 특성을 고려한 붕괴특성을 구명하고 이로부터 적절한 대책, 안전구배 등을 제시할 수 있는 기본적 자료로 활용될 것이다. 절리현황은 주절리 및 부절리군에 대한 방향, 경사, 연장성, 틈새간격, 충전물질 두께, 절리면의 풍화정도, 절리면 간격 충전물질 종류 등을 입력할 수 있도록 구성되었으며 이외의 특별한 지질구조상황을 기술할 수 있도록 하였다.

3.3.3.3 붕괴현황

붕괴가 발생한 사면의 자료는 동일한 사면의 추가붕괴를 방지하기 위한 자료로서 뿐만 아니라 동일한 지반특성을 가진 주변 사면의 안정성을 판단하고 대처하는 데 매우 중요한 자료로 활용될 수 있다. 따라서, 붕괴현황 자료는 붕괴발생일, 붕괴형태 및 이에 수반되는 기술적 자료를 포함하고 있다.

1) 붕괴발생일

붕괴발생 일자를 입력하도록 한 것으로 이는 계절, 기온, 강우 등에 의한 기상자료와의 관계성을 파악하기 위해 구성되었다.

2) 붕괴형태

암반사면에서의 붕괴형태는 일반적으로 평면파괴, 전도파괴, 썩기파괴 및 이들의 복합적 파괴나 절리가 매우 발달해 있을 경우 원호파괴형태로 발생한다. 그러나 이러한 붕괴형태는 지역별 지질조건에 따라 그 세부적인 붕괴발생 형태 및 원인이 달라 질 수 있으며 따라서 이에 대한 자료를 입력하도록 구성하였다. 뿐만 아니라 붕괴의 세부적 자료확보를 위하여 사면 내서의 붕괴위치, 붕괴규모, 붕괴길이, 붕괴높이, 붕괴깊이 등에 대한 정보 및 붕괴전체사진 및 붕괴세부사진을 입력할 수 있도록 하였다.

3) 기술적 자료

붕괴에 대한 기술적 자료를 입력하도록 한 것으로 특정한 활동면을 따라 붕괴가 발생했을 경우 붕괴활동면의 경사와 붕괴원인을 상세히 기술할 수 있도록 하였으며 붕괴당시의 강우량을 입력하여 붕괴에 대한 전반적인 원인과 상황이 표현되도록 구성하였다.

3.3.3.4 사면안정해석

안정해석은 붕괴발생 후 대책수립을 위해 검토된 안정해석 상세내용을 포함하고 있으며, 향후 해석 판단 근거자료나 재검토시 이용하기 위해 구성하였다. 이에 대한 내용으로는 대책수립을 위해 적용된 안정해석방법의 종류 및 사용된 해석 tool과 안정해석으로부터 판단된 안전율, 해석입력자료 및 해석결과를 데이터파일이나 출력파일로 저장하도록 하였다.

3.3.3.5 사면안정대책

안정대책은 붕괴가 발생한 후 그 원인을 분석하고 안정검토를 실시하며 이로부터 수립된 대책방안에 대한 정보를 입력하는 것이며 안정대책 시공일자, 안정대책기준 및 대책방안의 세부내용으로 구성되어 있다.

1) 시공일자

안정대책을 시공한 일자를 입력하는 항목이다.

2) 안정대책기준

안정대책기준은 사면의 안정성 확보를 위해 수립한 대책안의 제안배경을 입력하도록 한 것이다. 이는 사면의 활동에 대한 안정확보를 위해 최우선적으로 취해야 하는 내용이다.

3) 대책방안

대책방안 항목은 대책안이 구배조정이나, 보강이나에 대한 구분과 구배조정일 경우 각 소단별 구배를 입력하고 보강일 경우 보강공법과 보강대책도면을 입력하도록 구성되어 있다. 또한 사면 전체에 대해 대책안이 적용된 후의 현황사진과 각 세부사진을 입력하고 대책방안에 대한 상세한 내용을 기술하도록 되어 있다.

3.4 프로그램 입출력

절토사면 자료관리를 위한 데이터베이스 프로그램은 DB/SLOPE(Ver.1.0)이라고 명명하였으며 설계된 프로그램의 내용은 Fig.9~20과 같다.

Fig. 9는 DB/SLOPE 프로그램의 실행화면으로 프로그램 실행시 2초간 화면에 나타난 후 사라지게 되며 프로그램의 무단복제에 대한 경고문구가 삽입되어 있다.



Fig. 9. Executive Screen of Database Management Program (DB/SLOPE(Ver.1.0)) for Cut Slope

DB/SLOPE 프로그램의 입력은 각 사면별로 일반조사 현황창과 세부조사현황의 추가조사 현황창 및 상세조사 현황창으로 구분되어 있으며 사면분류는 관리구간별로 정렬되도록 되어 있다. 관리구간은 한국도로공사 하부에 사업소와 지역본부로 크게 구분되어 있고 사업소와 지역본부 하부에는 각각 공구와 지사로 구성되어 있으며 그 체계는 Fig. 10과 같다.

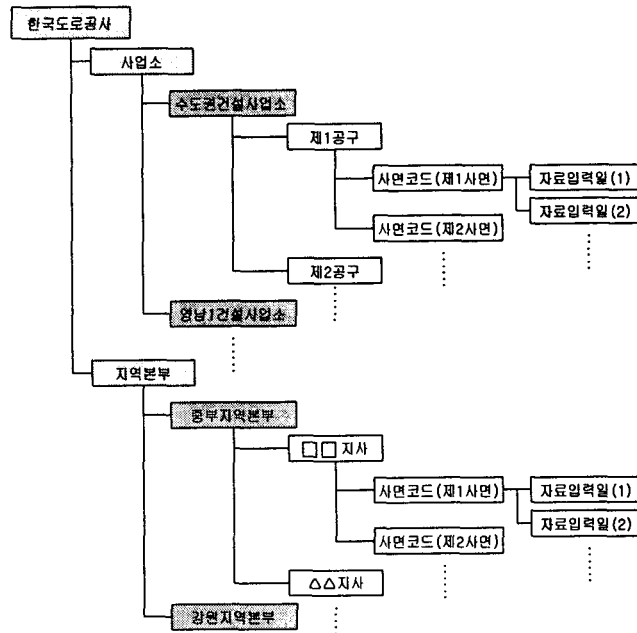


Fig. 10. Classification Concept of Slope and Path for Data Storage

Fig. 11은 일반조사현황에 관한 입력화면을 나타낸 것이다. 화면의 우측은 Fig. 10에서 언급된 바와 같은 체계로 구성되어 있으며 현재 도로공사 전체 사업소와 지역본부에 대한 내용을 담을 수 있고 또한 추가로 발생하는 사업소나 지역본부의 입력 또는 삭제가 가능하다. 입력하고자 하는 해당사면의 해당 날짜를 선택함으로써 자료의 확인이나 수정이 가능하고 추가입력 또한 가능하다.

Fig. 12는 일반조사입력 화면의 사면현황 입력 내용 중 종평면도에 관한 내용을 불러들여 입력하는 화면이고 Fig. 13은 사면일반현황 사진, Fig. 14는 사면의 단면도를 입력하는 화면이다. 본 프로그램에서 그래픽화면은 PCX, BMP, JPG등 다양한 종류의 그래픽데이터 입력이 가능하도록 구성되었다.

또한 Fig. 15는 세부조사항목 중 추가조사현황에 대한 입력화면으로 이 화면에서는 사면 위치정보, 관리담당 정보 및 종평면도, 전경사진, 응용지질도 등에 관한 사면 Profile 입력내용과 조사된 절리면에 관한 세부내용을 입력할 수 있는 화면이다. 이 화면에서도 마찬가지로 그래픽자료를 입력받을 수 있도록 구성되었으며 이중 사면의 응용지질도에 대한 입력화면 예는 Fig. 16과 같다.

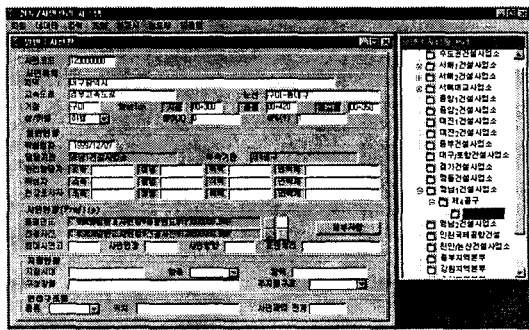


Fig 11. Input Screen of General Information

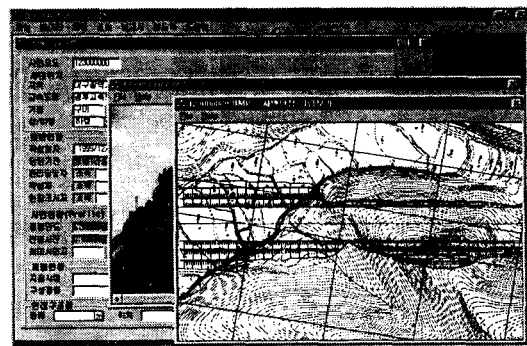


Fig. 12. Input Screen of Plane Drawing



Fig. 13. Input Screen of Slope Photo

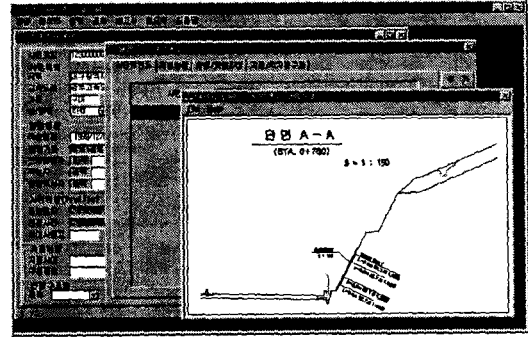


Fig. 14. Input Screen of Cross Section Drawing

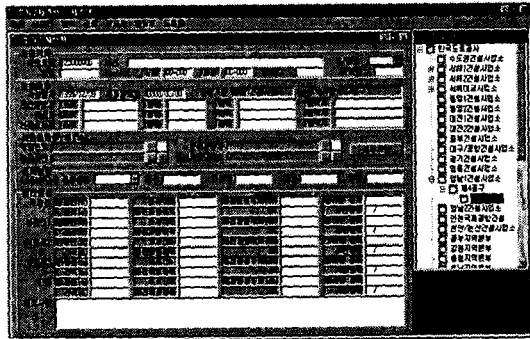


Fig. 15. Input Screen of Added Investigated Information

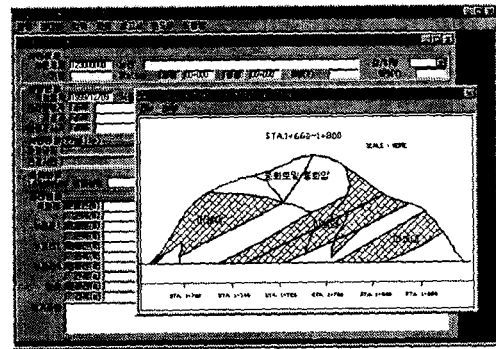


Fig. 16. Input Screen of Engineering Geological Map

Fig. 17은 사면의 상세조사현황 입력화면으로 이 화면에서 사면의 위치정보는 당초 입력된 자료로부터 연계되어 불러들여지고 추가로 붕괴현황에 관한 세부자료 및 안정대책에 관한 자료를 입력할 수 있는 화면이다.

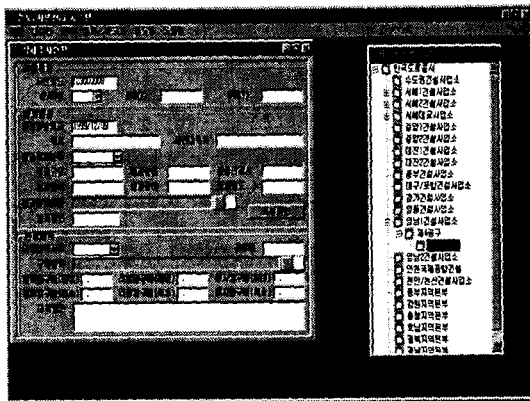


Fig. 17. Input Screen of Detail Investigation



Fig. 18. Input Screen of Photo of Failed Slope

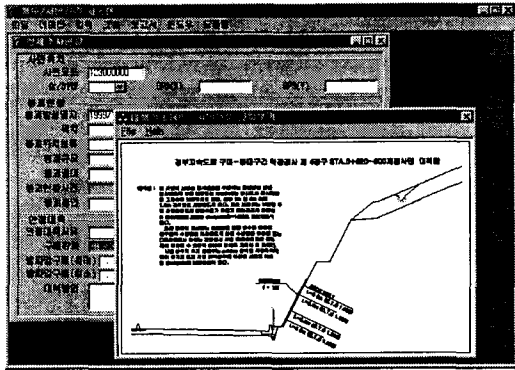


Fig. 19. Input Screen of Cross Section for Slope Measures

또한 Fig. 18은 상세조사현황 중 붕괴현황사진 입력내용이고 Fig. 19는 안정성 검토후 제안한 대책단면에 대한 입력내용이다. 이러한 입력자료로부터 해당 사면의 정보가 출력 가능하도록 구성되었으며 Fig. 20은 출력내용을 예로 든 것이다.

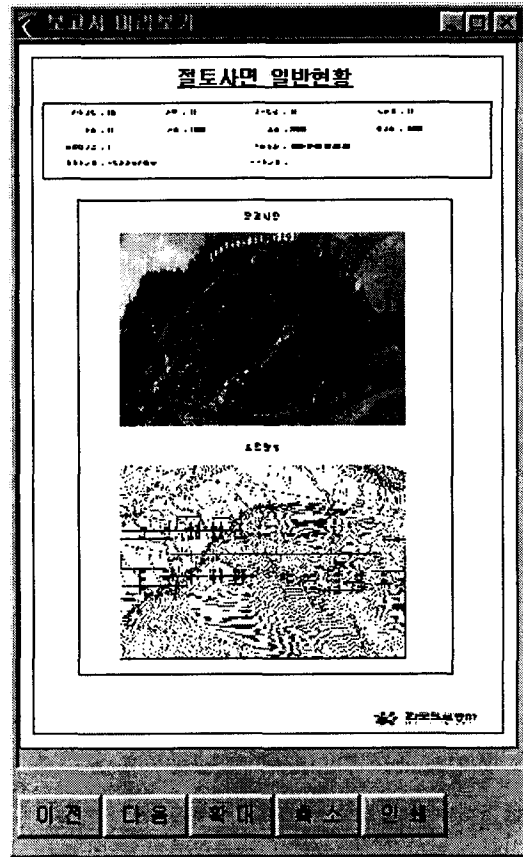


Fig. 20. Example of a Output Screen

4. 결론

본 연구는 고속도로 절토사면의 조사자료를 효율적으로 관리하고 분석하는 방안을 찾기 위해 개발된 데이터베이스 프로그램으로 DB/SLOPE이라고 명명하였으며 프로그램개발 연구의 수행으로 얻어진 결과는 다음과 같다.

1) 사면의 안정성 문제는 과거 30여년 동안 고속도로의 많은 절토사면에서 경험되어 왔으며 현재에도 계속적으로 사면붕괴 및 복구를 경험하고 있으나 체계적인 관리 및 조사가 이루어지지 않고 있으며 해마다 절토사면의 붕괴로 인한 인명피해 및 재산피해를 경험해 오고 있어 체계적인 관리용 프로그램 개발이 요구되었다.

2) 본 데이터베이스 프로그램(DB/SLOPE (ver.1.0))은 Windows95 이상의 환경하에서 구동할 수 있도록 개발되었으며 개발언어는 PowerBuilder 6.0, Visual C++로 제작되었다. 데이터베이스 엔진은 C/S환경을 고려하여 Personal Oracle 7.2를 이용하였다. 또한 본 프로그램의 특징은 서버장비 구축을 사전에 대비 C/S환경에 보다 강력한 PowerBuilder와 Personal Oracle을 채택하였으며 시스템의 속도 향상을 위해 Visual C++ Code를 추가하였다.

3) 개발된 데이터베이스 프로그램은 DB/SLOPE이라고 명칭하였으며 일반조사현황, 추가조사현황, 상세조사현황으로 나누어져 있다. 프로그램에 구축된 자료는 사면의 지질학적인 자료 및 붕괴현황, 이력 등과 같은 자료 뿐 만 아니라 평면도, 횡단면도, 사진에 대한 정보를 수록할 수 있도록 되어 있다.

4) 본 관리프로그램을 활용한다면 붕괴된 사면의 암반 내적 요인에 대해 지질공학적인 특성을 파악할 수 있으며 지역에 따라 분포하는 암석종류, 지질시대 및 지질구조에 따라 붕괴유형 및 발생빈도가 특성을 분석함으로써 도로 및 주택단지의 개설시 예비적인 사면안정문제를 예견할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 정형식, 유병옥(1996), "지질특성에 따른 암반사면 붕괴유형연구", 한국지반공학회지, 제 12권, 제 6호, pp.37~49.
2. 이상엽(1997), "Visual C++ Programming Bible ver 5.x", 영진출판사
3. David J, Kruglinski(1996), "INSIDE Visual C++4", 도서출판 삼각형
4. Richard C, Leinecker(1998), "Microsoft 비주얼 C++ 5 파워툴킷", 정보문화사
5. David McClanahan(1997), "PowerBuilder 5(Developer's Guide)", 삼각형
6. Microsoft Press(1997), "Visual C++ Version 4.2x (MFC Library Reference) 1권, 2권, 3권", 삼각형
7. 山田剛二, 小橋燈治(1971), "地すべり・斜面崩壊の實態と對策", pp.361~388, pp.403~417.
8. 日本道路公團(1992), 土質地質調査要領, pp.3~76.
9. 最新斜面・土留め技術覽編集委員會(1991), "最新斜面・土留め技術總覽", pp.22~23, p57, pp.273~282.
10. 土質工學會(1977), 切土のり面, pp.3~4, pp.106~123.
11. Wakens, A. T. and Koirala, N. P.(1986), "Bulk Appraisal of Slope in Hong Kong", Landslides, Proc. 5th Int. Sym. on Landslide, A. A. Balkema, pp.1181~1186.
12. Wager, A., R. Olivier, and E. leite.(1987), Rock and Debris Slide Risk Map Applied to Low-Volume Roads in Nepal. In Transportation Research Record 1109, TRB, National Research Council, Washington, D. C., Vol 2, pp.255~267.