

1.3

공학지질도 작성

김원영

1.3

공학지질도 작성

김원영

목 차

- 1.3.1 용어의 정의1
- 1.3.2 공학지질도의 필요성1
- 1.3.3 공학지질도 자료2
 - 1. 지질현상(Geological aspect)2
 - 2. 수문지질(Hydrogeological aspects)5
 - 3. 지 형(Geomorphological aspect)5
 - 4. 지진자료6
 - 5. 시추공 자료(Boreholes)6
 - 6. 부지조사 자료(Site investigations)6
 - 7. 광산 및 골재원 자료(Mines and quarries)6
- 1.3.4 암석과 토층의 기재방법6
 - 1. 암석(Rocks)6
 - 2. 흙(Soil)12
- 【참고문헌】17
- 【부록】18

1.3

공학지질도 작성

1.3.1 용어의 정의

공학지질도(Engineering geology map)는 토목공사의 예비단계에서 필요한 지질자료를 도면에 표시하여 지질공학 계획(Engineering geological plan)의 수립과 토목설계 정보를 제공 위하여 작성하는 특수지질도이다.(Report by the geological society engineering group working party, 1972).

공학지질도에는 지질공학, 토목 또는 건축 기술자들이 필요로 하는 지질정보를 수록하기 때문에 기존의 지질도(Geological map)와는 다르게 작성한다. 즉, 지질도는 암석의 광물조성, 석기(texture), 층서, 지질구조 등의 지질학적 분석을 통하여 지각의 생성 메카니즘과 지구의 역사를 규명하는 것이 궁극적 작성 목표이다. 따라서 지질도에는 공학기술자들이 필요로 하는 암석과 토층의 물리적/공학적 특성이나 지하수에 대한 정량적 정보 등이 수록되지 않을 뿐 아니라 공학기술자들에게 필요한 인간 생활권 부분인 지표와 천부의 지질학적 특성이 제외되는 경우가 많다.

공학지질도는 공학기술자들을 위한 지질정보를 수록한 도면이므로 지질도에서 취급하는 지각 전체에 대한 해석보다는 생활과 연관된 천부 지층의 정보가 필요하다. 그러므로 수치화 할 수 있는 자료는 정량적으로 표현하여 공학설계에 필요한 자료를 제공할 수 있는 역할을 하여야 한다.

공학지질도에는 여러 지질정보를 수록하여야 하므로 이미 많은 지질정보가 수록된 기존 지질도를 기본도로 이용하는 것이 보통이다. 단지 공학기술자에게 필요한 지질공학자료는 지질공학자가 추가조사를 통하여 수집하고 이를 지질도에 중첩시키는 방법으로 공학지질도를 작성하게 된다. 지질도가 작성되지 않은 지역에서 공학지질도를 작성할 경우에는 많은 시간과 비용이 소요되기 때문에 대부분의 경우 공학지질도 작성은 지질도가 발간된 지역을 대상으로 한다. 따라서 지질도처럼 전국을 대상으로 작성할 필요는 없으며 대규모 개발이 계획된 지역을 대상으로 한다. 우리나라는 1:50,000 축척의 지질도를 기준으로 휴전선 부근과 도서지역을 제외한 대부분 지역의 지질도사 완료되었는데 이는 남한 전 국토의 85%에 해당된다(한국지질자원연구원, 2000).

공학지질도와 유사한 용어로 지질공학 계획(Engineering geological plan)이란 용어를 흔히 사용하는데 이는 공학지질도를 포함한 여러 공학 자료를 이용하여 설계에 직접 적용할 수 있는 자료를 제공하는 단계에서 사용되는 용어로 예비단계에서 이용하는 공학지질도와는 구별된다. 따라서 공학지질도는 지질공학 계획을 수립할 목적으로 작성되는 것으로 지질공학 계획에는 부지특성조사와 지반조사 등의 항목이 포함되지만 공학지질도에는 상기 2개 항목이 제외 된다.

1.3.2 공학지질도의 필요성

공학지질도 작성의 필요성이 공식적으로 논의된 것은 1968년 공학지질도 작성을 위한 실무위원회

(working party)가 영국 지질학회 주관으로 설립되었을 때이다. 실무위원회는 영국의 지질학회와 토목학회, 건축, 수송, 도로 등 공학관련 학회가 공동으로 구성되어 3년의 기간동안 공학지질도 작성법과 지질공학 계획에 대한 안을 마련하였다.

지질도는 지질시대별, 암상별로 지질단위를 설정하고 이들에 대한 암석, 지사, 층서, 구조 등을 해석하고 있지만 암석이나 토층의 물리/역학적 성질에 대한 정량적 정보는 제공하지 않으므로 공학 기술자가 이용하기 어려운 단점이 있다. 즉, 지질도만으로는 공학설계에서 가장 중요시되는 단열의 빈도, 지하수, 풍화 등의 정보를 얻기 어렵다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 공학지질도 작성을 위한 실무위원회(Working party)에서는 기존 지질도에 공학적 특성에 의해 분류한 지질공학 단위(unit)를 추가하고 단위 별로 공학적 특성을 수록하여 공학 기술자들이 설계에 이용할 수 있는 지질도로 수정 작성하여 이를 지질공학도로 명명키로 하였다. 그 이후 영국, 미국 및 한국 등에서 작성한 공학지질도들도 상기 실무위원회의 작성 안을 따르고 있으며(Dearman et al., 1979, McGowen J. H., 1976, 유일현 외, 1980-1990) 여기 기술하는 지질공학도 작성법도 위원회에서 제안한 작성 안을 기본으로 하였다.

1.3.3 공학지질도 자료

공학지질도는 기존 지질도를 기본도(base map)로 이용하므로 정밀한 도면을 작성하기는 현실적으로 어렵다. 우리나라를 비롯한 선진 외국에서는 1:50,000 축척의 지질도가 가장 보편적으로 발간되고 있고 특수한 경우 1:25,000 축척의 지질도를 작성하기도 하나 그 수는 많지 않다. 상기 실무위원회에서도 이러한 현실을 고려하여 1:10,000 축척의 공학지질도 작성을 권하고 있다. 그러나 수집할 수 있는 자료의 양에 따라 질적 수준은 크게 변할 수 있으며 도면의 축척도 크게 작성할 수 있다.

실무위원회는 공학지질도에 수록하는 지질정보로 지질, 지형, 수문지질(지하수), 지진, 시추자료, 부지조사자료, 광산, 채석/골재 등은 반드시 수록할 것을 권고하고 있다. 특히 지질자료는 공학적 이용이 가능하도록 공학지질 단위로 구분하여야 하는데 공학지질 단위 설정은 공학지질도의 핵심사항이다.

1. 지질현상(Geological aspect)

지질현상이라 함은 지질물질인 암석이나 토층의 수평/수직적 분포, 풍화 및 변질, 조적 및 구조 등 지표나 지표 부근에 분포하는 암석과 토층의 공학적 특성을 나타내는 현상들을 의미하며 여기에는 다음에 설명하는 항목들이 포함된다. 따라서 공학지질도 작성 시에는 이러한 항목들이 반드시 수록되어야 한다.

가. 공학지질 단위(Engineering geological unit)의 설정

암석과 토층의 물리/역학적 성질이 유사한 그룹을 묶어 이를 공학지질단위라 명명하는데 이들 단위는 같은 공학적 특성을 가지고 있다고 가정한다. 공학지질단위를 설정할 때 경우에 따라 방법을 달리할 수 있으며 이는 암반과 토층의 분포형태와 공학지질도의 작성목적에 따라 차이를 보일 수 있다. 일반적으로 널리 사용하는 1:10,000축척이나 이 보다 작은 축척의 공학지질도에서는 암반의 종류, 미고결 토층의 종류 및 암반의 풍화 정도에 의해서 지질단위를 분류하며 실무위원회에서도 이를 제안하고 있다. 공학지질도에서 암석과 토층을 지칭하는 용어는 지질공학용어(descriptive engineering geological term)를 사용하며 부호도 도면에서 쉽게 특성이 구분될 수 있도록 하여야 한다(부록 1.2).

공학지질 단위의 설정은 공학지질도 작성의 가장 핵심적 사항으로 공학지질 단위는 그것 자체가 공학적 성질을 같이하는 그룹으로 간주되기 때문이다. 공학지질 단위설정에는 암반, 풍화상태 및 약대(weak zone) 등 3개 항목의 지질현상을 특성에 따라 대 분류하고 대 분류된 단위를 다시 세 분류 하는 과정을 통하여 수립된다. 대 분류 항목 중 암반분류는 공학지질단위 설정의 첫 번째 항목이다. 암반은 생성과 진화과정을 통하여 서로 다른 물리/화학적 또는 서로 다른 풍화특성을 나타낸다. 가령 화강암과 같은 결정질 심성암의 경우 층상절리의 발달로 쉽게 풍화된다. 층리가 발달된 퇴적암은 풍화 속도가 비교적 느리지만 층리면을 따른 약대의 형성과 지하수의 유동을 촉발 시킬 수 있다. 따라서 암반의 종류에 따라 공학적 특성을 달리한다. 그러나 주어진 지역에서 암반분류는 공학지질도의 정밀도에 의해서 달라질 수 있다.

공학지질단위 설정의 두 번째 항목은 풍화대를 포함한 미고결층 심도 분류이다. 풍화대 또는 미고결층은 지반의 특성을 결정하는 주요 인자이므로 미고결층의 심도에 따른 분류는 공학지질 자료로 매우 필요한 부분이다.

공학지질 단위설정 세 번째 항목은 약대의 분류이다. 대단위 단층이나 대단위 전단대의 경우 같은 암종이라도 공학적으로 전혀 다른 특성을 나타내기 때문이다.

표 1.3-1은 공학지질도의 지질단위의 분류를 예시한 표이다. 이 지역은 2종의 암반과 1종의 상부 토층 층이 분포하는 지역으로 대단위 단층이나 전단대 등이 발달하지 않으므로 지질공학 단위를 암종과 미고결층의 심도에 의해서 분류하여(유일현 외, 1980) 9종의 지질단위로 분류하였다.

나. 지질경계(Geological boundary)

서로 다른 종류의 암반이나 지층의 접촉면은 지질공학적 측면에서 매우 중요한 의미를 내포한다. 왜냐하면 서로 다른 암반이나 지층들은 생성과정이 다를 뿐 아니라 생성후의 지각운동과정도 다를 수 있으므로 경계면은 흔히 약대(weak zone)를 형성하는 경우가 많다. 특히 상이한 암석의 경계면이 단층으로 접촉하는 경우가 많으므로 지질경계는 공학적으로 중요한 의미가 있다. 그러므로 지질단위 및 지질구조를 포함한 모든 지질단위의 경계를 명확히 하며 적합한 부호(symbol)와 형태(feature)로 표시하도록 하고 있다(부록).

다. 암석과 토층의 기재(Description of rocks and soils)

암석과 토층의 기재적 용어는 다음 장에 상세히 설명하였다. 암석/토층 정보는 동일 지질공학단

표 1.3-1. 암석과 토층의 특성에 따라 분류한 지질단위(유일현 외, 1980)

종 류	등 급	설 명
암석학적 분류	A	-괴상의 확장암
	B	-층리가 발달한 변성퇴적암
	C	-미고결 충적층
미고결층 심도 (토층+ 풍화대)	Zone 1	- < 1 m : 얇음(thin)
	Zone 2	- 1 ~ 5 m : 중간(medium)
	Zone 3	- > 5 m : 깊음(thick)
공학지질 단위	A1	-A 암석의 박층 풍화대
	A2	-A 암석의 중간깊이 풍화대
	A3	-A 암석의 깊은 풍화대
	B1	-B 암석의 박층 풍화대
	B2	-B 암석의 중간깊이 풍화대
	B3	-B 암석의 깊은 풍화대
	C1	-C 암석의 박층 풍화대
	C2	-C 암석의 중간깊이 풍화대
	C3	-C 암석의 깊은 풍화대

위 별로 수평 및 수직적 변화 상을 표현하여야 한다.

라. 노출 암석의 기재(Description of exposures)

지표위로 돌출된 암석은 다음 장에서 설명하는 용어와 부호를 사용하며, 특징적으로 나타나는 구조현상은 부록 7의 부호로 표시한다. 노출 암석은 지반 지지력 평가는 물론 토석류 산사태의 발생가능성을 해석하는데 주요 의미가 있다.

마. 풍화 및 변질상태 기재(Description of weathering and alteration)

풍화와 변질상태는 수평적 분포범위와 심도를 나타내야 한다. 풍화와 변질상태는 공학지질단위를 설정하는데 필수적으로 요구되는 사항이므로 중요 의미가 있다. 기재방법은 다음 장에서 설명한다.

바. 불연속면 기재(Description of joints and other structural planes)

절리를 포함한 불연속면은 가능한 한 많은 자료를 수록하는 것이 바람직하다. 개개의 불연속면 정보에는 빈도, 방향, 경사, 풍화, 충전물 등의 정보와 벌어짐 정도와 미끄러짐 현상 등의 정보가 수록되어야하며 특히 단층은 보다 상세히 기술할 것을 권고하고 있다.

공학지질도에 표현하는 불연속면 지질구조는 2가지 현상이 잘 나타나도록 하여야 한다. 그 중 하나는 지질구조가 인지되는 지역의 위치, 구조의 방향 등이고, 다른 하나는 구조선의 수평/수직적 연장성의 추적이다. 도면에 표시된 구조선 연장성의 추적선은 터널이나 기타 굴착공사 설계에 매우 중요하다.

사. 지하지질(Sub-surface conditions)

시추자료 등의 자료가 있을 경우 지하지질자료를 수록한다.

2. 수문지질(Hydrogeological aspects)

가. 일반적 수문조건(General hydrogeological conditions)

조사지역의 수문지질 정보를 다른 방법으로 얻을 수 없더라도 수문지질학적으로 지하수 조건이 특이하다고 인정되는 사항은 반드시 기재하여야한다. 여기에는 지하수 분지(groundwater basins), 자분지역(artesian overflow area), 지하수 유동방향, 지하수 화학조성, 정성적 투수성, 해수와 담수의 경계선 등이 포함된다.

자료 이용이 가능하면 반드시 정량적 자료 및 이와 연관된 피압수두(piezometric levels), 투수계수, 저류계수 값을 수록한다.

나. 암석/토층의 수문지질 특성

암석과 토층의 수문지질 특성을 기재하고 대수층 및 난대수층을 특성별로 구분한다(부록 3).

다. 샘과 침출수(Springs and seepages)

샘은 간헐적인지 혹은 지속적인지를 구분하여 기재하고 침출선(seepage line)은 설명과 함께 부호로 표시한다(부록 4). 하천의 흐름도 계절적인지 지속적인지를 위치를 구분하고 가능하면 유량을 정량적으로 표시한다.

3. 지 형(Geomorphological aspect)

가. 일반사항

지형은 형태별로 특성을 분류하고 부록 4에 예시된 부호로 표시한다. 형태란 예를 들면 절벽(scarp)이라든가 완만한 경사지 등의 경사도에 의한 지형분류를 의미한다.

나. 물질이동(Mass movement)

산사태, 절개지 붕괴, 지반침하 등 지형변화를 야기한 어떤 종류의 지반물질의 움직임 현상도 도면에 표시한다(부록 5).

4. 지진자료

역사지진 자료는 진앙지 별로 수록한다.

5. 시추공 자료(Boreholes)

시추공 자료는 목적에 따라 분류하고 주상도를 수록하며 목적에 따라 표시한다(부록).

6. 부지조사 자료(Site investigations)

구조물 건설과 연관된 부지조사, 탐사 및 시험자료를 수록한다.

7. 광산 및 골재원 자료(Mines and quarries)

가행하고 있는 곳은 물론 폐기된 광산과 골재 채취장도 수록한다(부록 6). 골재원은 매장량과 채굴 범위 등을 수록한다. 특히 골재원은 공학지질도에서 대단히 중요한 위치를 차지하므로 현재의 채취가능한 골재원 분포지 뿐 아니라 현재는 경제성이 없지만 향후 개발 가능한 지역이 있다면 매장량과 매장범위 등을 수록한다.

1.3.4. 암석과 토층의 기재방법

실무위원회(the Geological Society Engineering Group Working Party, 1972)에서는 다음과 같이 토층과 암석을 정의하였다. “토층이란 물 속에 넣고 천천히 흔들어서 흩어지는 광물 입자의 집합체”이며 암석이란 “광물간의 응집력에 의하여 오랜 시간 서로 강하게 접촉되어 있는 광물의 집합체”이다. 여기서 “오랜 시간” 및 “강하게”란 표현이 다분히 주관적 해석을 야기하게되어 여러 논란이 있지만(Terzaghi & Peck, 1967) 본란에서 언급하는 토층과 암석의 정의는 지질학이나 토양학에서의 정의와는 다르며 단지 공학적으로 사용하는 정의이다.

암석과 토층은 지질공학 용어를 사용하여 단위별로 구분하고 적합한 부호(부록참조)와 색으로 표현하여야하며 암석 기재 내용은 다음과 같다.

1. 암석(Rocks)

지질학자들이 사용하는 암석분류 방법은 공학기술자들이 사용하기에는 너무 복잡하고 실사 사용한다 하더라도 공학적 개념을 유추하기 어렵다. 공학기술자들이 사용할 수 있도록 암석명의 숫자를 최소화하고 암석명 앞에 암석을 정성적으로 유추할 수 있는 용어를 접두어로 추가하고 암석의

물리/역학적 특성을 나타내는 용어를 접미어로 기재하기로 한다.

실무위원회에서 제안한 암석의 기재방법은 아래와 같다.

접두어(Prefixes)

- 색 상
- 입 도
- 조직과 구조
- 암반의 불연속면
- 풍화 상태
- 변질 상태
- 기타 소규모 암석특징

접미어(Suffixes)

- 암석의 추정 강도
- 암반의 추정 투수율
- 기타 공학적 성질을 지시하는 특징

암반의 공학적 특성을 표현하기 위해서는 추가적인 설명이 필요하며 여기에는 불연속면, 지질구조선 및 층리의 주향/경사, 풍화 단면도, 그리고 암석종류에 따라 나타나는 다양한 특징 등이 포함된다.

(암석 기재방법에 대한 예)

- 암석명: 돌러라이트(Dolerite)
 황갈색의 세립-중립질의, 황갈색 감람석 포함, 괴상
 절리간격은 넓은 편, 우세한 절리 틈은 10 mm
 풍화정도는 보통, 접촉변성작용 받음
 .절리를 제외한 부분은 불투수성
- 암석명: 셰일(Shale)
 세립질, 층리는 중간-두껍게 발달, 층리 내에 얇은 엽층리들 발달
 절리간격은 매우 좁음(closely jointed)
 풍화정도는 약간풍화-신선
 강도는 강함(strong), 취성(brittle)
 절리면과 층리면을 제외한 부분은 불투수성

가. 색상(Colour)

암석의 색상에 따라 쉽게 암석의 물성을 추정할 수 있으므로 정확한 색상을 기재하여야 한다. 색상으로 항상 암석물성을 파악할 수 없다고 하더라도 암석의 색상이 갖는 의미를 과소 평가 하면 안된다. 미국 지질학회에서 발간한 암석 색상도(Rock-color Chart, 1963)를 이용하는 것이 바람직하다. 색상 기재는 3가지로 구분하며 기재순서는 명암(lightness), 색도(chroma), 기본색(basic color) 순이다. 다음은 색상 기재의 예이다.

- 명암: 짙은(dark), 옅은(light)
- 색도: 붉은(reddish), 푸른(bluish)
- 기본색: 녹색(green), 황색(brown)

나. 입도(Grain size)

입도를 표현하는 용어는 모든 암석에 똑같이 통용된다. 어떤 암석은 암석명 자체에 입도를 표현하는 뜻을 함축하고 있기도 하다. 정확한 입도는 정밀 측정이 필요하지만 공학지질도에서는 야외에서 기재한 입도를 그대로 사용한다. 표 1.3-2는 광물 입자의 크기를 나타내는 용어이다.

표 1.3-2. 암석을 구성하는 광물의 입도

용 어	입 도
매우조립(very coarse grained)	>60 mm
조 립(coarse grained)	2mm-60mm
중 립(media grained)	60 microns-2mm
세 립(fine grained)	2microns-60 microns
매우세립(very fine grained)	< 2 microns

다. 조직(texture)과 구조(structure)

조직은 암석의 조암광물의 배열에 따라 나타나는 조직구조를 지시하는 용어이고 구조는 조직의 집합체로서 보다 큰 규모를 일컫는 용어이다. 즉, 구조라는 용어는 큰 규모의 암반(rock mass)을 대상으로 사용하는 반면 조직은 암편(rock material)에서 나타나는 작은 구조를 표현하는 용어이다. 암석에서 흔히 나타나는 조직(texture)으로는 엽리(foliated), 선열구조(linear fabric), 벽개(cleaved), massive(괴상), 유동띠(flow band), 반상구조(porphyrritic), 균질(homogeneous), 비균질(heterogeneous) 등이 있고 암반구조로는 단층(fault), 전단구조(shear structure), 절리(joint), 층리(bed) 등이 있다. 특히 암반 내의 불연속면(discontinuity)은 종류, 규모 및 특징을 기재하여야 한다. 조직도 풍화나 변질작용에 의하여 불연속면이나 약대를 형성하므로 특징을 기재하여야 한다.

층리나 절리 등의 불연속면은 다음(표 1.3-3과 표 1.3-4)과 같이 분류한다. 표 1.3-2는 퇴적암에서 나타나는 현상을 특별히 구분한 것이고 표 1.3-3은 모든 불연속면에 대한 분류이다. 따라서 퇴적암

의 층리를 제외한 불연속면 분류는 표 1.3-3을 인용한다.

표 1.3-3. 층리 두께와 표현 용어

용 어	간 격(spacing)
매우두꺼움(Very thickly bedded)	>2m
두꺼움(Thickly bedded)	600 mm-2 m
보통(Medium bedded)	200 mm-600 mm
얇음(Thinly bedded)	60 mm-200 mm
매우얇음(Very thinly bedded)	20 mm- 60 mm
엽층리발달(Laminated)	6 mm- 20 mm
얇은 엽층리 발달 (Thinly laminated)	<6 mm

불연속면에 나타나는 현상은 공학설계에 중요 역할을 하므로 상세히 기재하여야한다. 불연속면의 벌어짐(open), 닫힘(tight), 아뭍(healed), 고화(cemented), 충전물질 등을 기재하고 면의 거칠기는 불규칙면(irregular), 평탄면(smooth), 거친면(rough)으로, 굴곡상태는 미끄럼면(slikensided), 평탄면(plane), 굴곡면(curved) 등으로 분류(Fookes P.G & Deness B, 1969)하고 규모가 큰 불연속면은 개별적으로 기재한다. 화성암과 변성암의 엽리(foliation)나 유동띠(flow band)는 퇴적암에서 적용한(표 1.3-3) 것과 같다.

표 1.3-4. 불연속면의 간격과 용어

용 어	불연속면 간격(spacing)
매우넓음(Very widely spaced)	>2 m
넓음(Widely spaced)	600 mm-2 m
보통(Moderately widely spaced)	200 mm-600 mm
좁음(Closely spaced)	60 mm-200 mm
매우좁음(Very closely spaced)	20 mm- 60 mm
조밀함(Extremely closely spaced)	<20 mm

라. 풍화상태

풍화상태 기재는 표 1.3-5를 기준으로 한다.

표 1.3-5. 암석의 풍화 정도를 기재하는 용어

용어(Term)	부호(Symbol)	특징(Diagnostic feature)
풍화잔류토 (Residual soil)	W VI or RS	- 암석이 완전히 토층화 - 원래의 암석조직이 완전히 파괴됨 - 부피가 증가됨
완전풍화(Completely weathered)	W V or CW	- 암석이 변하고 토층화됨 - 암석조직은 남이있음 - 흔히 작은 corestone이 발견됨 - 암색이 변함
높은풍화 (Highly weathered)	W IV or HW	- 단열면은 벌어져있음 - 단열면이 깊이 탈색/변질되어 있음 - corestone이 흔히 발달
보통풍화 (moderately weathered)	W III or MW	- 암색이 변함 - 단열면은 벌어져있음 - 단열면은 탈색되고 변질이 시작단계임
약한풍화 (Slightly weathered)	W II or SW	- 암색은 약간 변함 - 단열면은 약간 벌어짐 - 비손상암(intact rock)의 강도는 신선한 암에 비해 크게 약하지는 않음
신선(Fresh)	W I or F	- 암색이 변하지 않음 - 강도의 손실을 야기하는 풍화영향 없음

마. 변질상태

일반적으로 광물의 변질상태를 기재할 때는 광물변질 상태를 기재한다. 예를 들면: 카오린화(kaolinized), 광화(mineralized) 등을 들수 있다.

풍화에 의한 변질일 때는 표 4의 풍화정도를 나타내는 부호를 이용한다. 예를 들면: 심한 변질(highly altered) 일때는 A IV로 표시한다(A: altered).

바. 암석명

암석명은 암석학적인 명칭을 사용하되 일반적인 간단한 야외명을 사용한다. 필요한 경우 그 암석학적 특징이 나타날 수 있는 접두어를 사용하여 암석명 만으로도 암석의 특징이 나타날 수 있도록 한다. 예를들면:

사암(sandstone) :

- 역질사암(gravelly sandstone),
- 실트질사암(silty sandstone),
- 점토질사암(clayey sandstone)

석회암(Limestone) :

- 어란상석회암(oolitic limestone).
- 백운석질석회암(dolomitic limestone).
- 이질석회암(argillaceous limestone) 등

사. 암석의 강도(Strength of rock material)

암석 강도는 일축압축 강도를 기준으로 하며 기재방법은 다음 표 1.3-6과 같다. 그러나 일축압축 강도가 1.25 MN/m² 이하의 암석은 토층으로 간주하며 시험방법도 토질 시험방법을 따라야 한다.

표 1.3-6. 암석강도 표기와 일축압축 강도

용 어	일축압축강도(MN/m ²)
극히강함(Extremely strong)	>200
매우강함(Very strong)	100-200
강함(Strong)	50-100
보통강함(Moderately strong)	12.5- 50
보통약함(Moderately weak)	5-12.5
약함(Weak)	1.25- 5
매우약함(Very weak)	<1.25

그러나 일축강도 시험을 위해서는 시료를 규격에 맞게 준비하여야 하는 번거로움이 있으므로 야외에서는 간단한 점재하시험(Point load index test)으로 강도를 측정한다. 점재하 시험장비는 Franklin et al.(1970)에 의해서 고안된 장비로 야외에서 간단히 많은 양의 시험을 할 수 있는 장점이 있다. 이와 더불어 콘크리트 측정을 위해서 고안된 슈미트함마(Schmidt hammer)도 이용이 가능하다. 일축압축 측정값은 점 재하시험 측정값의 약 1/16에 해당되며 점재하 강도와 일축압축 강도의 비(D'Andrea et al., 1965)에 의하여 환산된 점재하 강도는 아래 표 1.3-7과 같다.

표 1.3-7. 점재하강도에 의한 암석강도

용 어	점재하 강도(kN/m ²)
극히강함(Extremely strong)	>12,000
매우강함(Very strong)	6,000-12,000
강함(Strong)	3,000-6,000
보통강함(Moderately strong)	750-3,000
보통약함(Moderately weak)	300-750
약함(Weak)	75-300
매우약함(Very weak)	<75

아. 암반의 예상 투수율(Estimated of mass permeability)

야외에서 층이나 층군 또는 어떤 형태이든 지질단위의 투수율의 산정은 대단히 어려운 일이다. 그러나 투수율은 지질공학적으로 대단히 중요한 요소이기 때문에 조사자는 투수율 예상치를 예측하고 이를 기재하여야 한다. 그러나 조사자의 판단은 다분히 주관적이고 불확실할 가능성이 높다. 암반의 투수율은 같은 암반일지라도 그 범위가 넓게 나타나는 것이 일반적 현상이다. 이는 암반의 투수율이 암반을 구성하고 있는 불연속면의 분포특성과 빈도에 좌우되기 때문으로(Terzaghi & Peck, 1967), 야외에서의 암반 투수율 예측은 불연속면의 간격을 가지고 판단하는 경우가 가장 적합하며 지질공학도 작성에 있어서도 이를 채택하고 있다(표 1.3-8).

표 1.3-8. 암반의 불연속면 간격으로 추정된 투수율

암반의 불연속면 간격	용 어	투수계수 (m/s)
-극히 또는 매우 좁은간격(Very closely to extremely spaced discontinuity)	높음(hightly permeable)	$10^{-2} - 1$
-보통-좁은 간격(Closely to moderately spaced discontinuity)	보통(moderately)	$10^{-5} - 10^{-2}$
-넓음-매우 넓은 간격(Widely to very widely spaced discontinuity)	낮음(slightly)	$10^{-9} - 10^{-5}$
-무결암(Unjointed, solid)	불투수성(impermeable)	$< 10^{-9}$

2. 토층(Soil)

공학지질도가 지질공학, 토목, 건축 등 공학기술자들의 지반 및 구조공학설계의 기본 자료로 이용함을 목적으로 하므로 토층자료의 중요성은 매우 크다. 토층도 암석과 마찬가지로 토층단위 별로 그 특성을 기재하여야 되는데 그 기초 작업이 토층(혹은 토질)분류이다.

토층분류 안은 미국, 영국 등 선진국에서 오랫동안에 걸쳐 많은 연구가 되어왔으나 미국과 영국 간에는 약간의 차이점이 있다. 1960년에 작성되고 1970년에 개정된 토층 통일분류법(Unified soil classification system: USCS)은 미국 토목학회(American Society for Testing and Material)의 주도로 작성되어 세계 모든 나라에서 자국의 표준 분류법으로 채택하고 있다(ASTM, 1970). 영국에서는 1957년 영국 표준원(British Standard Institution) 주도로 토질 분류법을 작성하였는데 영국 국내에서조차 작성된 분류법을 국제적으로 이용하는데 문제점이 있음을 확인하고 1968년 영국도로연 구소 주도로 개정, 이를 이용하고 있다(BS Institution, 1957). 개정된 토층분류법은 미국의 기준안 과 거의 같은 안으로 지질공학도에는 어떤 기준을 사용하여도 무방하며 한국에서 작성한 공학지질 도에서는 미국의 분류 안을 채택하고 있다(유일현 외, 1980-1990).

토층의 기재방법은 암석 기재법과 대체로 일치한다. 즉, 토층 명 앞의 수식어로 색상, 풍화상태, 변질상태 등의 특징적 현상을 나타내는 단어를 사용한다. 지질공학 조사에 수록되어야 하는 사항으로는 색상, 원위치 강도, 조직, 불연속면, 풍화상태, 변질상태, 암석학적 특징 및 토층명 등이다.

실무위원회(Working party)에서 권고한 토층의 기재방법은 아래와 같다.

접두어(Prefixes)

- 색상(color)
- 원 지반강도 및 구조(in situ strength and structure)
- 풍화상태(weathered state)
- 변질상태(alteration state)
- 기타 미세한 암석특징(minor lithological characteristics)
- 토층 명(soil name)

접미어(Suffixes)

- 지하수에 의한 토층반응(mass behaviour to groundwater)
- 공학적 특성을 지시하는 용어(terms indicating special engineering characteristics)

가. 토층의 색상

토층의 색상은 토층 색상도(1954, Munsell Color Company, Soil color Chart)를 이용하여 정확한 색상을 기술하는 것이 좋다.

색상 표시방법은 암석의 색상 표시법과 같으며 표기방법과 순서는 명암(lightness), 색도(chroma), 기본색(basic color) 순으로 아래의 예와 같다.

예: light pinkish pink
 dark brownish brown

나. 원 지반강도, 구조 및 불연속면(In-situ strength and structure, including discontinuities)

야외에서 토층의 특성별 강도는 입도에 따라 표현방법을 달리하며 이는 위의 표(표 1.3-9)와 같다. 세립질 토층은 조립질과는 달리 압축강도로 표시할 수 있다(표 1.3-9).

표 1.3-9. 세립질 토층의 압축강도

용어	압축강도(kn/m ²)
단단함(Hard)	> 288
견고함(Stiff)	144-288
굳음(Firm)	72-144
약함(Soft)	36- 72
매우약함(Very soft)	< 36

세립질 토층과는 달리 사질토층(granular soil)은 압축강도로 표시하지 않으며 내부마찰각(internal friction angle), 지반지지력(bearing capacity)에 의하여 공학적 특성을 평가한다. 이런 종류의 토층은 표준관입시험의 해머 타격수에 의하여 특성이 분류되며 이는 아래 표 1.3-10과 같다(Terzaghi & Peck, 1967).

표 1.3-10 표준관입 타격수에 따른 사질토층의 특징

용어	타격 수
매우조밀(Very dense)	> 50
조밀(Dense)	30-50
보통(Medium dense)	10-30
느슨(Loose)	4-10
매우연약(Very soft)	0- 4

토층의 구조(soil structure)는 지질공학적으로 매우 중요하므로 아래의 표에서 예시한 용어를 사용하여야 하며 특히 토층의 형태에 따라 용어의 사용을 달리해야 한다(표 1.3-11).

표 1.3-11. 토층의 구조를 표현하는 용어

토층의 형태 (soil type)	토층의 구조	
	용어	정의
조립질 토층	<ul style="list-style-type: none"> • 풍화토(Weathered) • 균질토(Homogeneous) • 층상토(Layered) • 박층토(Thinly layered) 	<ul style="list-style-type: none"> • 입자의 강도가 약화되고 층을 형성함 • 토층입자와 조직이 일정함 • 여러 형태의 층이 교호함 • 박층들이 여러 층을 형성함
세립질 토층	<ul style="list-style-type: none"> • 집합토(Aggregated) • 풍화토 • 균열토(Fissured) • 무결토(Intact) • 균질토 • 층상토 • 박층토 	<ul style="list-style-type: none"> • 굴착 시 강도가 급격히 저하됨 • 주상구조를 흔히 보임 • 다면체 조각으로 쉽게 깨어짐 • 깨진 틈이 없음 • 입자와 조직이 일정함 • 여러형태의 층들이 교호함 • 박층들이 여러 층을 형성함
이 탄	<ul style="list-style-type: none"> • 섬유질(Fibrous) • 비결정질토(Amorphous) 	<ul style="list-style-type: none"> • 식물의 잔해를 쉽게 발견 • 식물의 잔해를 인지할 수 없음

다. 풍화상태

토층의 노두에서 풍화상태를 인지하기는 어렵다. 단지 최근에 퇴적된 층이나 현장의 굴착면 또는 시추공의 불교란 시료 등에서는 풍화상태를 구분할 수 있다. 지질공학도에 기재되는 토층의 풍화상태는 표 1.3-12를 기준으로 구분한다.

표 1.3-12. 토층의 풍화등급과 풍화상태

풍화등급	부 호	특 징
완전풍화 (Completely weathered)	W V	• 풍화등급원래의 토층조직이 완전히 없어지고 심하게 변색되고 변질됨
높은풍화 (Highly weathered)	W IV	• 원 토층은 부분적으로 변질되고 불연속면은 완전히 변질됨. 원래의 토층조직이 부분적으로 인지되는 경우가 있음
보통풍화 (Moderately weathered)	W III	• 불연속면은 완전히 변색/변질됨. 토층표면으로부터 변질이 시작되는 단계임
약한풍화 (Slightly weathered)	W II	• 신선한 조각으로 구성되고 탈색되지 않음. 불연속면의 내부로 변질 시작됨
신선함(Fresh)	W I	• 변질/탈색 없음. 원래의 강도 유지

라. 변질상태(Alteration state)

풍화상태에서 사용한 용어와 부호를 사용한다.

마. 미세 암석/광물학적 특징

토층의 입자형태(예: flaky, elongated), 원마도(예: round, angular) 및 구성입자의 조성을 기재한다.

바. 토층 명칭

토층명은 입도별 무게 구성비와 소성 특성을 고려하여 정한다. 입도분포와 소성특성은 야외에서도 쉽게 측정할 수 있으므로 야외의 측정치를 이용한다. 입도는 자갈, 모래, 실트, 점토 등으로 구분하여 명칭을 부여한다(ASTM, 1970). 미국에서 개발된 토층의 통일분류법(unified soil classification system)에서 정한 부호에 의하여 토층 명칭을 구분한 표는 표 1.3-13, 표 1.3-14와 같다.

사. 지하수 유동(Estimated mass behaviour of groundwater flow)

미 고결 지질단위 별 투수율(k)은 m/s로 표시한다. 여기서 지질단위라 함은 경계가 설정된 층이나 층군 등을 포함한다. 투수율의 범위를 표현하는 용어는 다음 표 1.3-15와 같다.

표 1.3-13. 통일분류법에서 정한 토층의 부호

Primary letter	Secondary letter
G: 자갈(Gravel)	W:분급상태(graded) 양호
S: 모래(Sand)	P:분급상태 불량
M: 실트(Silt)	M:비소성세립질(non-plastic fines)
C: 점토(Clay)	C:소성세립질(plastic fines)
O: 유기질토층 (Organic soil)	L:저소성(plasticity: LL<50)
Pt: 이탄(Peat)	H:고소성(high plasticity: LL>50)

표 1.3-14. 통일분류법에서 정한 토층의 부호와 특징

특징	Symbol	Fines (%)	소성특성	명칭
50% 이상이 자갈보다 큰 물질로 구성	GW	0-5		-Well graded gravel
	GP	0-5		-Poorly graded gravel
	GM	>12	-A-line 하부에 위치(PI<4)	-Silty(sandy) gravel
	GC	>12	-A-line 상부에 위치(PI>7)	-Clayey(sandy) gravel
50% 이상이 모래보다 큰 물질로 구성	SW	0-5		-Well graded sand
	SP	0-5		-Poorly graded sand
	SM	>12	-A-line 하부에 위치(PI<4)	-Silty sand
	SC	>12	-A-line 상부에 위치(PI>7)	-Clayey sand
액성한계 50 이하	ML		-약한소성(slight plasticity)	-Silt, Silty(clayey) fine sand
	CL		-낮은소성(low plasticity)	-Clay, Silty clay, Sandy clay
	OL		-낮은소성	-Organic silt or clay
액성한계 50 이상	MH		-높은소성(high plasticity)	-Inorganic silt
	CH		-높은소성	-Inorganic clay
	OH		-높은소성	-Organic clay
유기질 토층	Pt			-Peat or highly organic soil

표 1.3-15. 투수율의 범위를 표현한 용어

용어	투수계수(k in m/s)
높은투수율(Highly permeable)	$10^{-2} - 1$
보통투수율(Moderately permeable)	$10^{-5} - 10^{-2}$
낮은투수율(Slightly permeable)	$10^{-9} - 10^{-5}$
불투수(Effectively permeable)	$< 10^{-9}$

【참고문헌】

- 김영기, 수리지질학사전, 도서출판 엔지니어즈, 1995
- 2000년 연보, 한국지질자원연구원, 2001, p277
- 양승영, 정창희, 이상만, 지질학사전, 교학연구사, 1998
- 유일현 외, 응용지질도: 봉계도폭 외 7권, 자원개발연구소(현 한국지질자원연구원), 1980-1990
- 장태우, 구조지질학 용어집, 도서출판 춘광, 1997
- America society for testing and materials. Standard method for classification of soils for engineering purposes, A.S.T.M. Designation: Part II, 1970
- British Standard Institution, Site investigations. British standard code of practice CP.2001, 1957
- D'Andrea, D.V., Fischer, R.L. & Fogelson, D.E., Prediction of compressive strength of rock from other rock properties, US Bur. Mines Rept. Investigation, no. 6702, 1965
- Dearman W.R. et al. The preparation of maps and plans in terms of engineering geology: Report by Geological Society Engineering Group Working Party, The Q. J. Engl. Geology Vol 5, no 4, p295-382, 1972
- Dearman et al. A regional engineering geological map of the Tyne and Wear County, UK, IAEG Bull. no 19 p5-17, 1979
- Fookes P.G & Deness B, Observational studies on fissure patterns in Cretaceous Sediments SE England, Geotechnique 19, 1969, p453-477
- Geological Society of America, Rock-color Chart, 1963
- McGowen J.H., Environmental geologic Atlas of the Texas coastal zone, 1976
- Munsell Soil Color Charts, Munsell Color Company Inc., Baltimore, USA, 1954
- Terzaghi, K. & Peck, R.B., Soil mechanics in engineering practice, NY(Wiley), 2nd ed., 1967

【부 록】

1. 암석의 부호(Symbols for rocks)

• 퇴적암

-  역암(Conglomerate)
-  각력암(Breccia)
-  사암(Sandstone)
-  실트암(Siltstone)
-  이암(Mudstone)
-  셰일(Shale)
-  석회암(Limestone)
-  백운암(Dolomite)













• 변성암

-  절판암,천매암(Slate, Phyllite)
-  편암(Schist)
-  편마암(Gneiss)
-  혼성암(Migmatite)
-  규암(Quartzite)
-  사문암(Serpentinite)





• 화성암

-  화강암(Granite)
-  섬록암(Diorite)
-  반려암(Gabbro)
-  감람암(Peridotite)
-  유문암(Rhyolite)
-  안산암(Andesite)
-  현무암(Basalt)







2. 토층 부호(Symbols of soils)

	자갈(Gravel)		역(Boulders)		패각질 실트(Shelly Silt)
	모래(Sand)		패각(Shells)		역질 점토(Boulders Clay)
	실트(Silt)		이탄(Peat)		사질 자갈(Sandy Gravel)
	점토(Clay)				실트질 점토(Silty Clay)
					실트질 이탄(Silty Peat)

3. 암석과 토층의 수문특성 부호(Symbols for hydrogeological properties of rock and soils)

	대수층(Aquifer)
	준대수층(Aquitard)
	난대수층(Aquiclude)
	불투수층(Aquifuge)

4. 지형을 표시하는 부호(Symbols for geomorphological features)

	평탄사면 : 사면의상부와 하부의 평균경사 10°
	굴곡사면
	블록사면 : 사면의 중심부가 블록한 형태
	오목사면 : 사면의 중심부가 오목한 형태
	단애(Clife) : 사면경사가 55° 이상
	스카프(Scarp) : 직선상으로 발달된 가파른 절벽

5. 산사태를 표시하는 부호(Symbols for landslide)



회전 산사태(Rotational Landslide)



전이형 산사태(Translational Landslide)



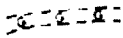
유동 사태(Flow Slide)



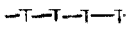
점토질 사태(Mud Slide)



낙반(Rock Fall)



우각침식(Line of Gull)



인장균열(Tension Crack)



애추사면(Talus Slope)



애추구(Talus Cone)

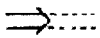
6. 터널, 광산 및 시추공 부호(Symbols for tunnels, mines and boreholes)



가행수갱(Mine Shaft, in use)



폐수갱(Mine Shaft, abandoned)



갱입구(Adit)



시추공(Borehole)





지하수용 시추공

7. 지질구조 형태를 표시하는 부호(Symbols for structural features)

-  수평층(Horizontal Strata)
-  경사층(Inclined Strata)
-  수직층(Vertical Strata)
-  완경사층(Gently Inclined Strata)
-  급경사층(Highly Inclined Strata)
-  엽리(Foliation)
-  벽개면(Cleavage)
-  절리(Joint)
-  습곡축면(Fold Axial Plane)
-  전단대(Shear Zone)
-  선구조(Lineation)
-  배사구조(Anticline)
-  향사구조(Syncline)
-  확인된 단층
-  추정 단층

8. 지질경계선 부호(Geological boundary lines)

-  확인된경계선
-  추정경계선