

## 국내 암석의 역학적 특성 분석과 DB구축을 위한 기본연구

천대성<sup>1)</sup>, 박의섭<sup>1)</sup>, 박철환<sup>2)</sup>, 박찬<sup>2)\*</sup>

### A Basic Study for Mechanical Properties of Domestic Rocks and Database Construction

Dae-Sung Cheon, Eui-Seob Park, Chulwhan Park, Chan Park

**Abstract** About 70% of domestic land is mountainous and the construction of many geotechnical structures is inevitable for building transportation networks across region. Many geotechnical surveys, including rock physical and mechanical tests, are performed during construction. This study is a basic research for establishing database of physical and mechanical properties in domestic rocks, and analyzing the rock mechanical relationships between 2,000 rock properties obtained from laboratory tests in KOLAS. For the construction of useful database, systematic management, based on the standard information as well as reliable data accumulation, is required.

**Key words** Mechanical properties, KOLAS, Database

**초 록** 산악지형이 많은 국내 여건으로 인해 많은 암반구조물이 건설되고 있으며, 이와 관련하여 암석물성시험을 포함한 수많은 지반조사가 수행되었다. 본 연구는 국내 암석의 역학적 특성자료의 데이터베이스화를 위한 기본 연구로서, 국가공인시험기관에서 수행되었던 시험자료 약 2000 개에 대해 역학적 상관성에 대해 분석하였다. 효율성있는 데이터베이스를 구축하기 위해서는 신뢰성있는 자료의 축적 뿐 아니라 규격화된 정보를 토대로 체계적인 관리가 필요할 것이다.

**핵심어** 역학적 특성, 국가공인시험기관, 데이터베이스

#### 1. 서 언

국토의 효율적인 활용 및 환경보전 그리고 SOC 사업 등에 의해 최근까지 많은 암반구조물들이 건설되고 있으며, 아울러 수많은 지반조사가 수행되었다. 암석물성 시험은 지반조사에서의 가장 기본이 되는 시험으로서 지반조사에서 필수적으로 수행되어왔다. 이들 자료가 데이터베이스화되어 체계적으로 관리된다면 향후 새로운 암반구조물을 건설하는 데 중요한 기초자료가 될 수 있을 것이다. 그러나 암석의 역학적 상관성에 관한 연구에 대해 몇몇 연구자들(이정인 등, 1982; 이희근 등, 1983; 김교원과 김수정, 2006)에 의해 보고된 바 있으나 데이터베이스구축 등을 통한 체계적인 정리가 미흡

한 실정이다.

본 연구는 국내 암석 자료의 데이터베이스화를 위한 하나의 시도로서, 국가공인시험기관에서 수행된 국내 암석자료 약 2,000개에 대한 시험자료를 수집하여 다양한 물리적, 역학적 특성의 상관성을 분석하였다. 물리적, 역학적 물성사이의 상관성은 암반공학의 기본 특성이 되는 일축압축강도를 기준으로 주된 분석이 이루어졌으며, 각 물성상호간의 관계에 대해서도 알아보았다. 또한 터널변형, 신선암의 일축압축강도 및 실제 터널사례를 통한 성능평가에 관한 자료로부터 제안한 임계변형률과 취성도에 관한 자료에 대해서도 분석을 수행하였다. 향후 실용화를 위해서는 규격화된 정보를 토대로 한 시험 자료의 축적과 함께 신뢰성있는 자료의 산출이 요구된다.

#### 2. 국가공인시험기관과 품질보증 프로그램

##### 2.1 국가공인시험기관

현재 기술표준원은 “국가표준기본법”에 의거하여 한

<sup>1)</sup> 한국지질자원연구원 지반안전연구부 선임연구원

<sup>2)</sup> 한국지질자원연구원 지반안전연구부 책임연구원

\* 교신저자 : chan@kigam.re.kr

접수일 : 2008년 9월 25일

심사 완료일 : 2008년 10월 24일

계재 확정일 : 2008년 10월 24일

국인정기구(Korea Laboratory Accreditation Scheme, KOLAS)에 의해 국가교정기관 및 시험검사기관 인정 제도를 운영하고 있으며, 시험기관 인정제도와 관련한 ILAC(International Laboratory Accreditation Cooperation), APLAC(Asia-Pacific Laboratory Accreditation Cooperation) 등 국제회의와 APLAC 등에서 주관하는 비교 속도 시험에 참고하고 있다.

한국인정기구는 국가표준제도의 확립 및 산업표준화 제도 운영, 공산품의 안전/품질 및 계량·측정에 관한 사항, 산업기반 기술 및 공업기술의 조사/연구 개발 및 지원, 교정기관, 시험기관 및 검사기관 인정제도의 운영, 표준화관련 국가간 또는 국제기구와의 협력 및 교류에 관한 사항 등의 업무를 관장하는 기술표준원 조직으로서, 기술표준원장이 KOLAS장의 역할을 수행하고 있다. 2007년 현재 APLAC MRA(Mutual Recognition Arrangement)에는 24개국 36개 시험기관인정기구가, ILAC MRA에는 45개국 57개 시험기관인정기구가 가입하여 상대국의 공인성적서를 상호수용하고 있다.

국가공인시험기관은 KS A ISO/IEC 17025<sup>1)</sup>와 인정 기구의 장이 고시한 요건에 따른 평가기준에 따라 선정되며, 인정기간은 5년으로 인정기간동안 매년 사후관리를 받는다. 한국인정기구에서는 “시험”을 특정한 제품, 공정 및 서비스를 대상으로 하나 또는 그 이상의 특성을 규정된 절차에 따라 측정하는 기술적 작업으로 정의한다.

한국지질자원연구원원의 지반안전연구부는 암석의 강도 시험과 탄성계수, 포아송비, 탄성파속도 등 기타시험분야에 대해 공인시험기관으로 인정을 받고 있으며, 시험에 사용된 시험법은 미국의 재료시험협회(A.S.T.M., American Society for Testing Materials)의 시험법과 국제암반역학회의 시험규정(Testing Standard of I.S.R.M., International Society for Rock Mechanics)을 준수한다.

## 2.2 품질보증 프로그램

한국지질자원연구원 지반안전연구부는 공인시험기관으로서 다음과 같은 품질보증 프로그램(Quality Assurance, QA)을 준수하여 시험을 수행하고 있다.

품질보증 프로그램이란 암석물성시험의 수행에 있어서 시료선정에서 결과해석에 이르기까지 모든 과정의 신뢰성을 확보하기 위한 일련의 기록 확인절차를 말하며, 시험결과에 대한 정밀도, 신뢰도 등의 품질보증을 위한 절차로서 일정한 허용한계(Acceptable Limits) 또는 허용정밀도를 기준으로 그 범위 내에서 시험과정, 방법

이 결정되어야 한다. 이 한계나 정밀도는 시험도중에 상황에 따라 수정 보완될 수 있으며, 시험의 모든 과정은 품질매뉴얼, 암석물성시험 절차서, 암석물성시험 지침서에 따라 수행한다.

### 1) 대표성(Representative ; 또는 반복성 Reproducibility)

- 암석의 본래적인 불균질성으로 인하여 한 특정 지점에서 1개만의 시료에 대한 시험결과는 그 대표값으로 인정하지 못하기 때문에 3개의 이상의 시료를 채취한다.
- 3개의 시료에 대한 시험은 동일 조건하에서 수행한다.
- 3개의 시료에 대한 해석결과와 표준편차가 허용치 이상이면 그 원인을 분석하고 조치한다.

### 2) 소급성(Traceability)

- 시험의 각 단계마다 시험시료에 대한 주요 정보를 기술한다.
- 시험의 각 단계마다 시료번호, 시험일자, 시험자를 표기한다.
- 시험결과치의 이상이 발생할 때 시험과정은 역추적이 가능토록 한다.
- 시료선정에서 결과해석에 이르기까지 모든 단계에서 문서로 기록하고 책임자가 확인, 서명한다.

### 3) 측정기의 유지관리

- 암석물성시험절차서에 따라서 주요 시험장비는 년 1회 이상 외부의뢰 및 자체 검·교정을 실시한다.
- 암석물성시험절차서에 따라서 주요 시험장비는 월 1회 이상 시험장비 점검기록대장에 점검 기록한다.
- 고장이나 불량한 장비는 수리 또는 폐기처분하며, 수리 전까지 사용을 금한다.

### 4) 교육훈련

- 암석물성 시험자는 암석물성시험절차와 품질관리 시스템에 관한 교육을 년 1회 이상 받는다.
- 암석물성 시험자 내·외부 속도 비교를 년 1회 이상 실시한다.
- 외부 교육이수자는 교육이수후 자체교육을 주관하여 1회 이상 실시한다.

## 3. 시험방법과 시험코드

국내 암석의 역학적 특성을 파악하기 위하여 본 연구에서는 단위중량(비중), 흡수율, 탄성파속도(P, S파), 일축압축강도, 간접인장강도, 탄성계수, 포아송비, 점착력과 내부마찰각 등을 일축압축시험, 간접인장시험, 삼축압축시험을 통해 결정하였다. 상기 시험에 사용된 가압장비는 그림 1의 미국 M.T.S. (Material Test System)사의 암석시험용 압축기(Model No. MTS 315)이며, 최

1) 시험 및 교정기관의 자격에 대한 일반 요구사항을 명시한 규정

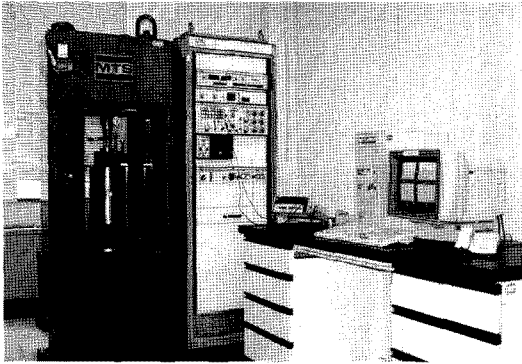


그림 1. 시험에 사용된 주가압장치인 M.T.S.

대 가압용량은 160톤이다. 이 장비는 유압을 시험조건에 맞게 자동조절하는 자동서보장치(Automatic Servo-Control System)에 의해 전과정이 조절되는 폐쇄유압형(Closed Loop Type)이다. 본 시험에서는 종변위를 제어변수로 하여 시험이 수행되었으며, 가압속도는  $5.5 \times 10^{-3}$  mm/sec로 시험하였다.

본 시험에 사용된 시료는 현장에서 채취한 시료를 직경 약 50 mm 크기의 core로 성형한 후 다이아몬드 톱으로 일축압축시험 시료와 삼축압축시험 시료는 길이가 직경의 약 2배가 되게, 간접인장시험 시료는 길이가 직경의 0.5배가 되게 절단하고 이를 100 - 400 Mesh의 금강사(Caborundum)로 연마하여 편평도가 5/1000를 넘지 않게 성형하여 시험을 실시하였다.

일축압축강도시험은 ASTM / D2938, 탄성계수와 포아송비는 ASTM / D3148에 따라 160톤 용량의 MTS 315 System을 사용하여 시험편의 축방향으로 압축력을 가한 후 파괴될 때의 하중을 측정하였다. 일축압축강도시험에서 압축응력에 대한 변형특성을 조사하기 위하여 종방향은 다이알게이지 형태의 변위변환기(Dial Gage Type Displacement Transducer)를 사용하며, 횡방향은 MTS사의 횡축변위변환계(Circumferential Extensometer)를 사용하여 각각의 변형률을 측정하였다. 축방향과 횡방향 탄성계수는 일축압축강도의 50% 내외의 응력수준에서 구한 것으로, 일축압축강도의 40% 부터 60% (최대 80%) 응력수준까지의 평균기울기로서 응력-변형률 관계곡선에서 나타나는 직선부분의 평균탄성계수이며, 일축압축강도의 50%의 응력수준에서 구한 접선탄성계수라고도 할 수 있다.

암석의 인장강도는 간접인장강도시험 중에서 압열인장시험(Brazilian Test)으로 구하는 것이 일반적이며, 국제암반역학회에서도 이를 표준화하고 있다(ASTM/D2936, ASTM/D3967). 압열인장시험은 시험편을 직경방향으

로 가압하여 직경방향으로 파괴를 유도하여 탄성학적으로 해석하여 인장강도를 얻을 수 있다.

삼축압축시험은 ASTM/D2664에 따라 시험하였으며, 각각의 시료에 대하여 3개의 시험편에 대하여 수행되었고 각 시료마다 3개 이상의 시험편을 일축압축시험 시험편과 같은 방법으로 제작하였으며, 파괴강도도 일축압축시험에서와 같은 방법으로 해석하여 얻는다.

이외의 비중, 흡수율은 ASTM/C97-96, 탄성계수와 포아송비는 ASTM/D3148-96, 탄성파속도는 ASTM/D2845-00에 따라 결정된다.

## 4. 암석의 역학적 특성

### 4.1 역학적 물성의 분포양상

그림 2에서 그림 7은 주요 암종에 따른 역학적 물성의 분포양상을 나타낸다. 제시된 암종은 화강암, 편마암, 사암 그리고 안산암이다. 그림 2에서와 같이 일반적으로 화강암과 사암이 편마암이나 안산암에 비해 높은 강도를 보이고 있으며, 최대밀도수를 보이는 화강암과 사암의 강도는 약 230 MPa이며, 편마암과 안산암은 약 100 MPa이었다. 일축압축강도의 최대값은 약 430 MPa로서 이때 암종은 안산암이었다. 일축압축강도와 연관성이 높은 것으로 알려진 탄성계수의 경우 화강암이 편마암에 비해 높은 값을 보이나, 안산암에 비해 상대적으로 낮은 값을 보였다. 특히 안산암은 일축압축강도에서와 같이 높은 탄성계수의 수치를 보였다. 탄성파속도의 경우, 편마암이 다른 암종에 비해 상대적으로 낮은 값을 보였다. 밀도의 경우 암종에 무관하게  $2.6 \text{ g/cm}^3$ 에서  $2.8 \text{ g/cm}^3$ 에 주로 분포하고 있었으며, 흡수율의 경우 대부분 0.5%이하에 집중되어 있음을 알 수 있다. 그러나 본 연구에서 암종에 따른 역학적 물성의 분포양

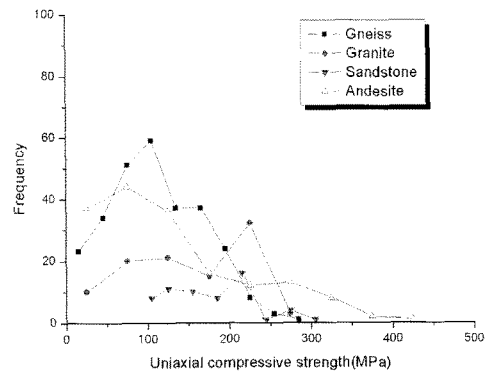


그림 2. 일축압축강도 분포양상

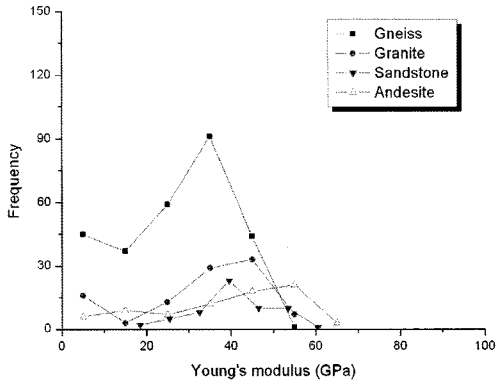


그림 3. 탄성계수 분포양상

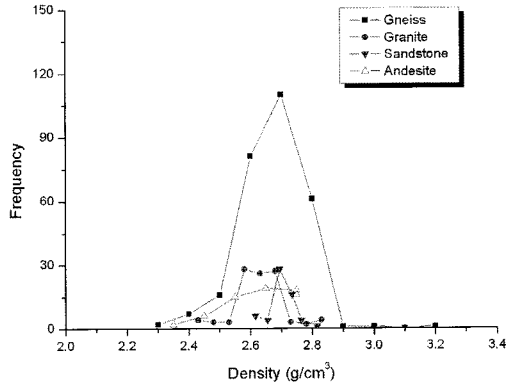


그림 6. 밀도 분포양상

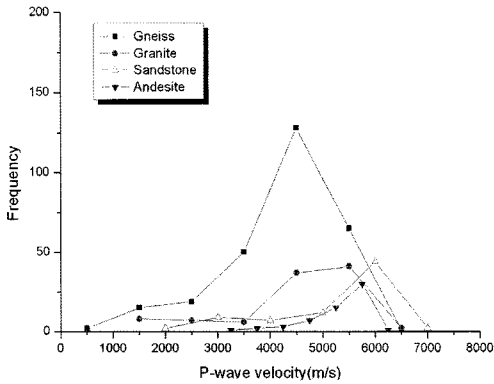


그림 4. P파속도 분포양상

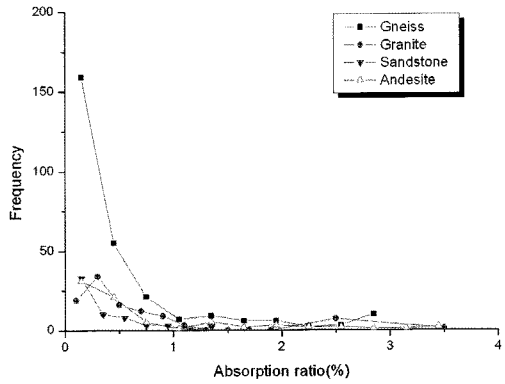


그림 7. 흡수율 분포양상

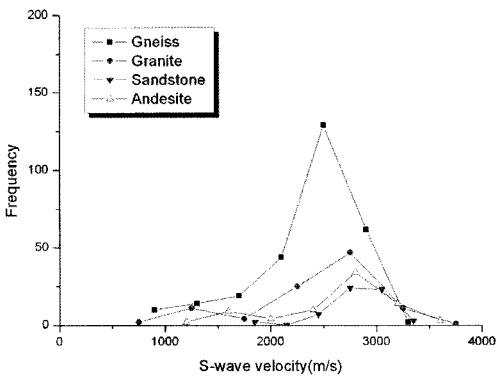


그림 5. S파속도 분포양상

상을 단정하기에는 전반적으로 자료의 양이 부족하기 때문에 지속적인 자료의 수집이 요구된다.

**4.2 전체 암석에 대한 역학적 상관관계**

그림 8~그림 16은 실내시험에서 구해진 역학적 물성

사이의 관계를 암종 구별없이 도시한 그래프이다. 물리적, 역학적 물성 사이의 상관성은 암반공학의 기본특성이 되는 일축압축강도를 기준으로 하였다. 또한 탄성파 속도와 흡수율의 경우 밀도와의 상관성에 대해서도 알아보았다.

전체 암석을 대상으로 각 물성간 상관관계를 회귀한 결과가 표 1에 제시되어 있다. 각 물성간의 회귀식은 여러 함수를 회귀하여 최적상관관계를 갖는 함수로 결정하였다. 표 1에서와 같이 흡수율과 밀도사이의 관계를 제외하고는 상관관계수가 매우 낮으며, 어떤 경우는 무의미한 값을 보이기도 하였다. 이러한 원인은 전체 암석을 대상으로 작성된 상관그래프가 암종과 풍화상태, 지역적 요인 등을 모두 포함하기 때문에 산포가 크게 나타나는 것으로 판단된다.

전체 암석의 역학적 상관관계에 대한 개략적인 경향은 다음과 같다. 흡수율의 경우 일축압축강도에 따라 지속적으로 감소하는 경향을 보이며, 탄성계수는 일축압축강도와 선형의 관계를 보였다. 포와송비의 경우 일

표 1. 암종을 고려하지 않은 암석의 역학적 상관관계 회귀식

| 상관물성            | 유형                 | 회귀식                                                                                | R <sup>2</sup> |
|-----------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 흡수율 vs. 밀도(x)   | Polynomial         | $Y = 91.13 - 62.04X + 10.56X^2$                                                    | 0.566          |
| 흡수율 vs. 일축압축강도  | Exponential Growth | $Y = 2.778 * \exp(x / -493.369) + 0.277$                                           | 0.427          |
| 밀도 vs. 일축압축강도   | Exponential Decay  | $Y = -0.613 * \exp(-x / 3.185) - 0.203 * \exp(-x / 41.253) + 2.699$                | 0.217          |
| 탄성계수 vs. 일축압축강도 | Linear             | $Y = 7.19 + 0.196X$                                                                | 0.689          |
| 포와송비 vs. 일축압축강도 | Exponential Growth | $Y = 0.110 * \exp(x / -17.987) + 0.18258$                                          | 0.048          |
| P파 vs. 밀도       | Polynomial         | $Y = 6623.9023 * X^2 - 27664.555 * X + 30546.510$                                  | 0.249          |
|                 | Exponential Growth | $Y = 29.046 * \exp(x / 0.540) - 150.269$                                           |                |
| P파 vs. 일축압축강도   | Exponential Decay  | $Y = -13980.572 * \exp(-x / 2880.9948) + 2856.243 * \exp(-x / 53.561) + 18081.916$ | 0.401          |
| S파 vs. 밀도       | Exponential Growth | $Y = 86.916 * \exp(x / 0.778) - 390.695$                                           | 0.254          |
| S파 vs. 일축압축강도   | Exponential Decay  | $Y = -1806.188 * \exp(-x / 931.069) - 1598.489 * \exp(-x / 48.267) + 4244.423$     | 0.456          |

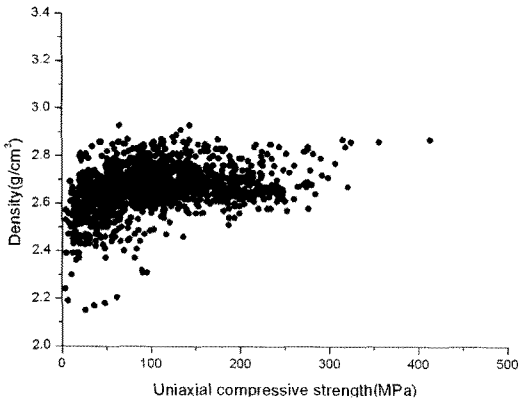


그림 8. 밀도와 일축압축강도의 관계

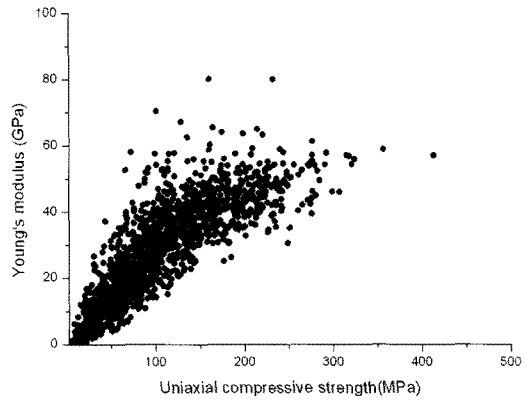


그림 10. 탄성계수와 일축압축강도의 관계

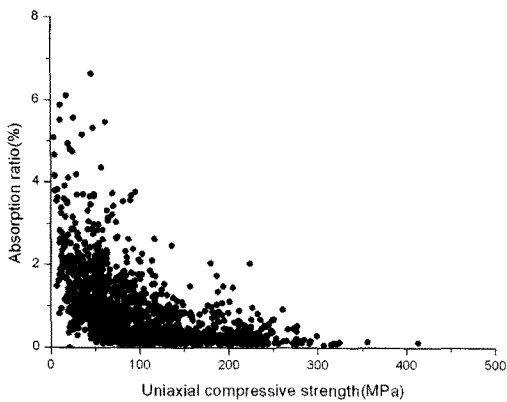


그림 9. 흡수율과 일축압축강도의 관계

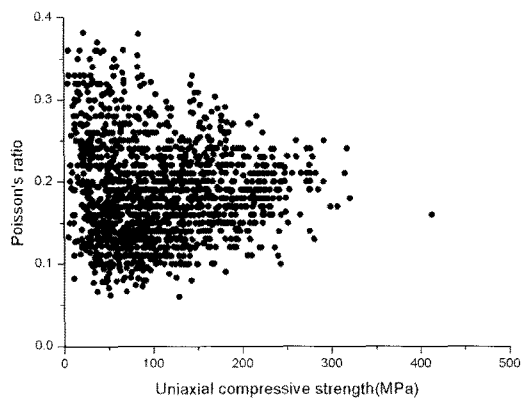


그림 11. 포와송비와 일축압축강도의 관계

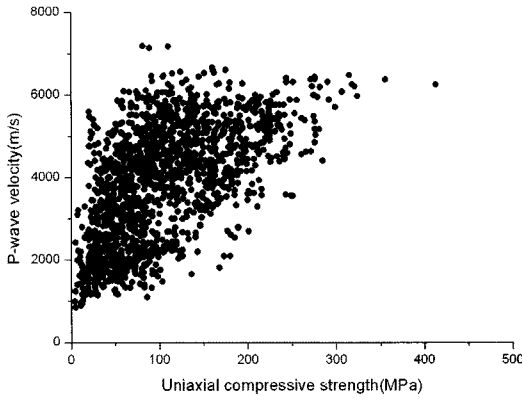


그림 12. P파속도와 일축압축강도와의 관계

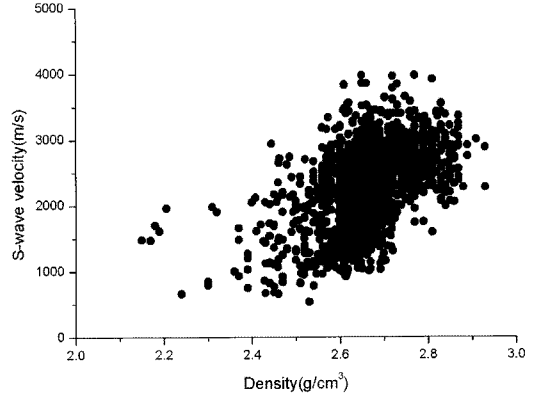


그림 15. S파속도와 밀도와의 관계

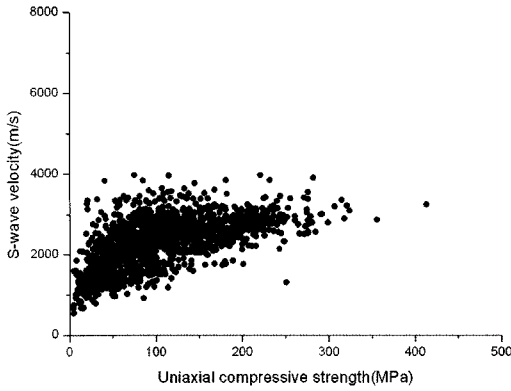


그림 13. S파속도와 일축압축강도와의 관계

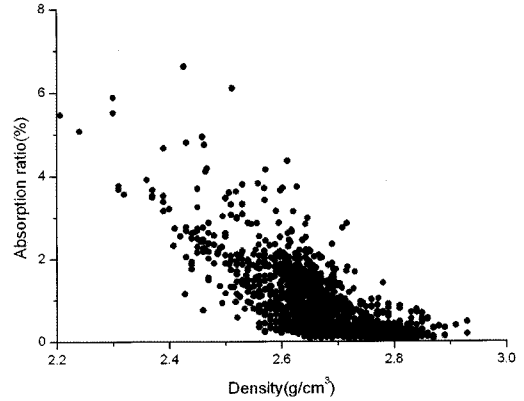


그림 16. 흡수율과 밀도와의 관계

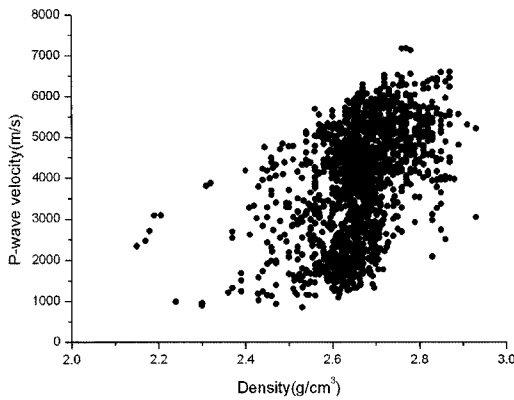


그림 14. P파속도와 밀도와의 관계

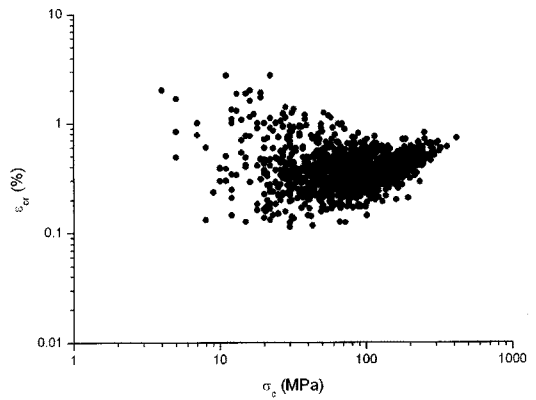


그림 17. 임계변형률과 일축압축강도와의 관계

축압축강도와 상관성이 없는 것으로 보이나, 일축압축강도가 큰 경우 포와송비의 분산도는 작아짐을 알 수 있다. P파속도는 S파속도에 비해 일축압축강도와 선형적인 관계가 더 좋다고 할 수 있으나, 분산이 매우 심하

게 나타난다. 흡수율은 일축압축강도에 비해 밀도의 상관성이 좋으며, 밀도가 높을수록 흡수율은 작아짐을 알 수 있다.

그림 17은 임계변형률과 일축압축강도와의 상관관계

를 도시한 그래프이다. 흙과 암석에 대한 임계변형률과 일축압축강도를 분석한 박시현 등(2007)의 연구에 따르면 임계변형률은 일축압축강도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 암석의 경우 임계변형률이 0.1%에서 1%의 범위를 보인다고 보고하였다. 또한 다른 연구(한국지질자원연구원, 2007, 그림 15b)에서는 약 40 MPa 이하의 일축압축강도를 제외한 범위에서 임계변형률은 일축압축강도에 크게 영향을 받지 않는다고 보고하였다. 본 연구의 결과에서는 일정값을 넘는 일축압축강도에서 임계변형률이 일정범위를 보이는 것을 알 수 있으며, 특히 100 MPa 이상에서는 오히려 일축압축강도의 증가에 따라 임계변형률이 증가하는 경향을 보였다. 이는 일반적으로 일축압축강도가 증가하면 탄성계수가 증가하고 임계변형률이 감소하는 경향과 상이한 결과이다. 일축압축강도와 탄성계수는 이론적으로 상관성이 없으나, 암석역학분야의 시험결과나 경험에 따라 선형관계를 보이는 것으로 간주되고 있다. 그러나 그림 10에서와 같이 일축압축강도는 300 MPa 내지 400 MPa까지의 높은 강도 수치를 보이더라도, 탄성계수는 80 GPa 이상의 값을 보이지 않았다. 이러한 현상으로 인해 일축압축강도가 증가하더라도 임계변형률이 감소하지 않고 오히려 증가하는 현상이 나타나는 것이다. 또한 보고된 대부분의 일축압축강도와 임계변형률사이의 관계곡선은 일본 시험결과(Sakurai 등, 1993.)를 바탕으로 하거나 일축압축강도가 약 100 MPa 이내의 시료에 대한 분석된 결과이기 때문에 경향의 차이가 발생할 수 있다. 따라서 변위나 변형률을 이용하여 암반구조물의 안정성을 평가하는 경우는 변형이 많이 발생할 수 있는 보통암 이하의 암석이나 암반에 적용하는 것이 타당한 것으로 생각하며, 변형이 적게 발생하면서 파괴가 발생하는 경암 이상에서는 다른 평가법을 이용해야 할 것으로 생각된다. 이러한 관점에 비추어본다면, 100 MPa 이하의 암석의 경우는 임계변형률을 이용한 결과를 이용하는 데 큰 문제는 없을 수 있다. 그러나 임계변형률을 이용하여 암반구조물의 안정성을 평가하기 위해서는 암종구분과 함께 일축압축강도의 범위, 나아가서는 암반분류에 따른 임계변형률의 변화경향을 분석해야 할 것으로 사료된다.

그림 18은 일축압축강도와 취성지수와의 관계를 도시한 그래프이다. 본 연구에서 취성지수의 경우 일축압축강도와 인장강도의 비를 이용하였다. 일반적인 암석의 취성지수가 20 전후로 알려져 있으나, 그림 18에서는 3에서 42까지 광범위한 범위를 보이고 있으며, 전체적으로 취성지수는 일축압축강도와는 특별한 상관성을 보이지 않았다.

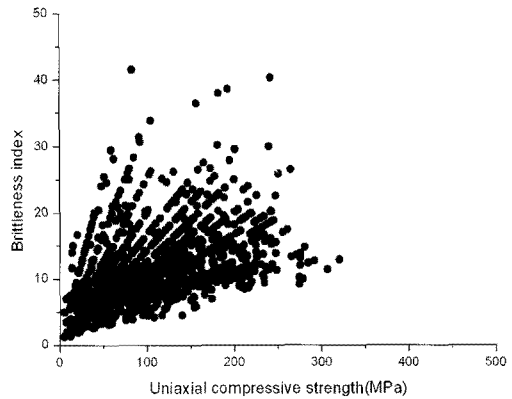


그림 18. 취성지수와 일축압축강도의 관계

### 4.3 암종을 고려한 역학적 상관관계

표 1에서와 같이 암종 구분없이 전체 암석의 역학적 상관관계를 회귀한 결과는 개략적인 경향은 부여할 수 있으나, 이를 실제적으로 활용하기에는 한계성이 있음을 알 수 있다. 따라서 본 절에서는 암종에 따른 역학적 상관관계를 알아보기 위하여, 암종이 명기되었던 시험결과에 대해 분석하였다.

그림 19에서 그림 23은 암종에 따른 역학적 상관성을 나타낸 것으로 암종이 구분되는 경우는 그렇지 않은 경우에 비해 산포가 적은 것을 알 수 있다. 그림 19 (b)는 사암에 대한 밀도와 일축압축강도와의 관계를 제시한 것이다. 시험자료의 양이 많지 않은 문제점이 있으나, 결과에 따르면 사암의 경우 일축압축강도의 범위가 100 - 300 MPa사이에서 밀도는 강도와 무관하게 대략 2.6 - 2.8 kg/cm<sup>3</sup>사이의 일정한 값을 나타내고 있다. 그림 20은 흡수율과 일축압축강도와의 관계를 나타낸 그래프이다. 전체적으로 지수적인 감소경향을 보이나, 그림 20 (b)와 같이 특정 암종인 활석의 경우 일축압축강도의 범위가 50 - 200 MPa사이에서 0.5%이하의 일정한 양상을 보인다. 건설교통부 표준품셈(1996)의 암판정기준에서 연암이나 풍화암에 해당하는 일축압축강도가 100 MPa이하인 암석의 경우 밀도, 흡수율과 일축압축강도와는 양의 상관관계를 보이나 그 분산이 크게 나타났다. 이들 범위에 해당하는 암석의 역학적 특성은 암종 특성 뿐 아니라 풍화 등의 영향으로 인해 그 분산이 크게 발생하는 것으로 사료된다.

그림 21 (b)는 화강암에 대한 탄성계수와 일축압축강도의 관계를 도시한 것으로, 일축압축강도는 300 MPa 이내에서 고루 분포하며, 탄성계수는 60 GPa이하의 값을 보였다. 이들을 선형회귀한 결과  $E = 4.416 + 0.1916 UCS$ 의 회귀식이 도출되었으며, 이 때 상관계수는 0.836로서

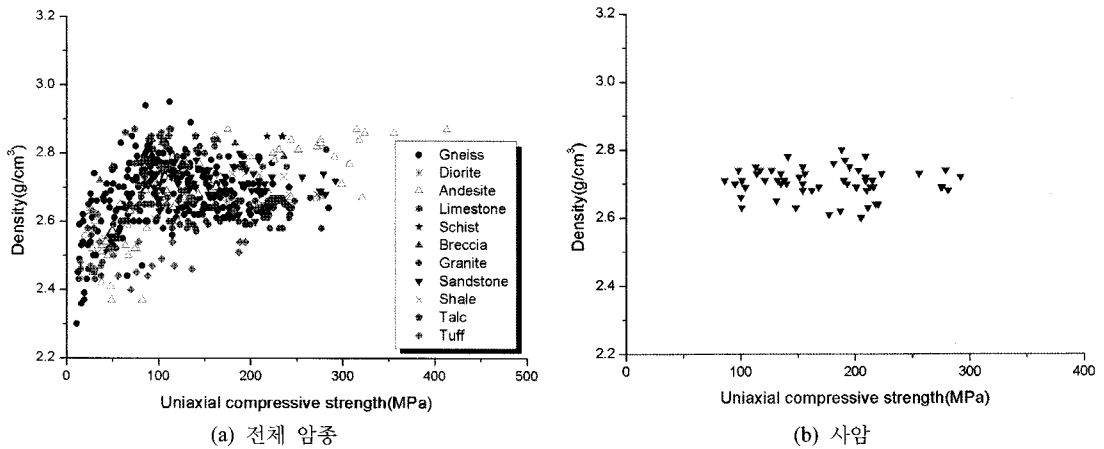


그림 19. 압중에 따른 밀도와 일축압축강도와의 관계

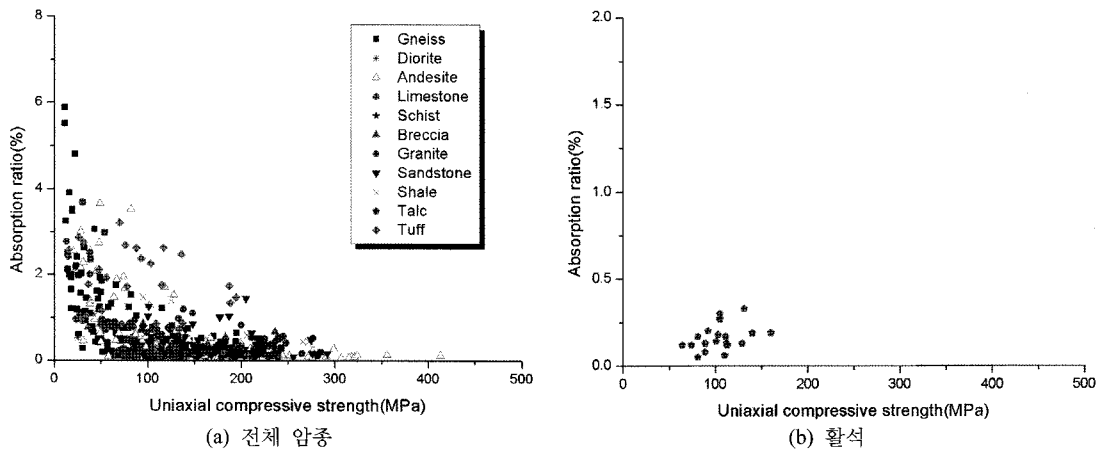


그림 20. 압중을 고려한 흡수율과 일축압축강도와의 관계

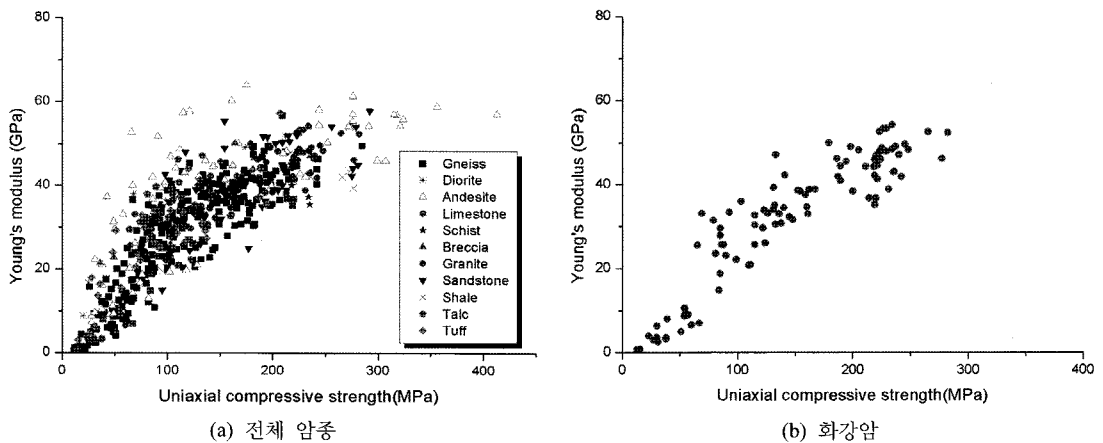


그림 21. 압중을 고려한 탄성계수와 일축압축강도와의 관계



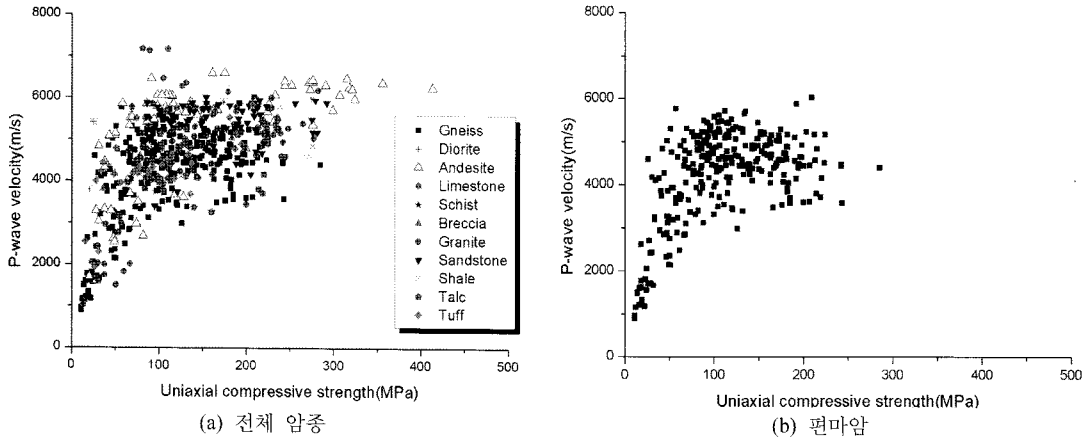


그림 22. 암종을 고려한 P파속도와 일축압축강도와의 관계

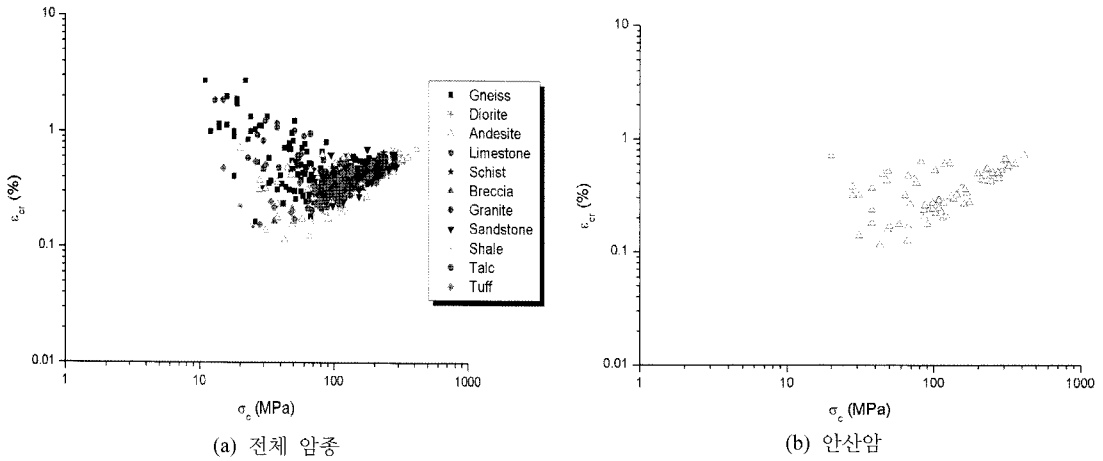


그림 23. 암종을 고려한 임계변형률과 일축압축강도와의 관계

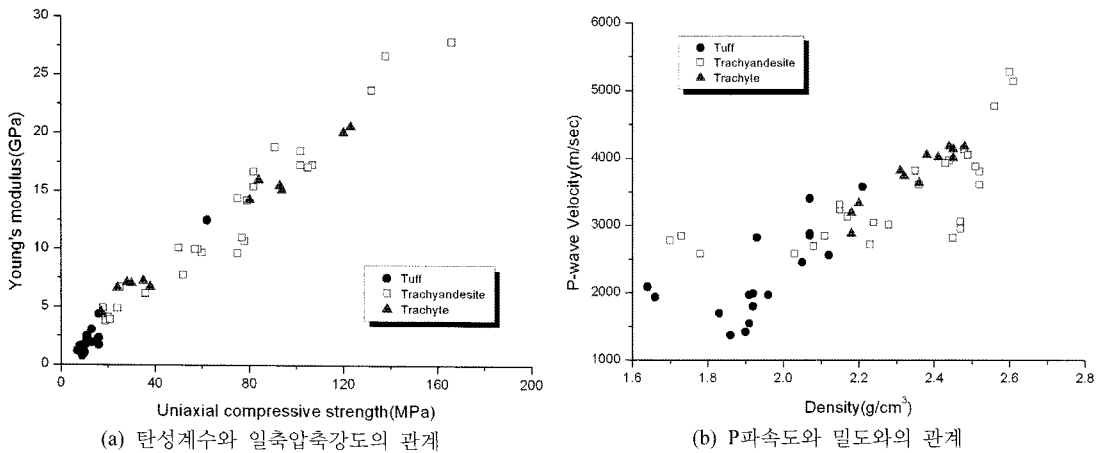


그림 24. 암종과 독도의 지역적 특성을 고려한 물성사이의 상관관계(박찬 등, 2008)

전체 암석의 상관계수인 0.689(표 1)에 비해 높은 상관성을 보임을 알 수 있다. 그림 22는 P파속도와 일축압축강도의 관계를 나타낸 그래프로서 암종에 관계없이 산포도가 높게 나타나고 있다. 특히 편마암의 경우는 다른 물성과 달리 50 MPa 이상에서 P파속도와 일축압축강도사이에는 거의 상관성을 보이지 않고 있다. 따라서 P파속도로부터 일축압축강도 등을 유추할 때는 주의 깊은 분석이 요구된다. 그림 23 (b)는 안산암에 대한 임계변형률과 일축압축강도와의 관계를 도시한 그래프로써, 일축압축강도가 20 MPa이상의 안산암에서는 임계변형률이 1%이하의 값을 가지며, 일축압축강도가 증가함에 따라 임계변형률은 증가하는 경향을 뚜렷하게 볼 수 있다.

위의 분석에서 알 수 있듯이 암석의 역학적 특성 사이의 관계는 암종을 고려할 때, 관계가 명확해지며 어떤 경우에는 암종과 그 특성의 분포범위에 따라 전체적인 경향과 다른 특성을 보임을 알 수 있다. 특히 그림 24와 같이 암종뿐 아니라 지역적, 지질학적 특성이 고려되었을 때 역학적 특성의 상관성이 뚜렷해짐을 알 수 있다.

## 5. 토의 및 결론

국내의 지형적 특성으로 인해 최근까지 많은 암반구조물들이 건설되고 있으며, 아울러 수많은 지반조사가 수행되었다. 암석물성시험은 지반조사에서의 가장 기본이 되는 시험으로서 연구소, 학교, 산업계 등에서 널리 수행되고 있다. 그러나 수행되었던 양적 성과에 비해 유용한 자료의 축적은 상대적으로 미약한 실정이다. 이들 자료가 데이터베이스화되어 체계적으로 관리되고, 지형도와 지질도 등과 같은 정보와 결합하여 운용된다면 향후 새로운 암반구조물을 건설하는 데 중요한 기초 자료를 제공할 수 있을 것이다.

본 연구는 이를 위한 기본 연구로서, 기 수행되었던 시험 결과를 분석함으로써 암석의 역학적 특성사이의 상관성을 알아보았다. 암석의 역학적 상관성을 규명하기 위해서는 암종별 구분이 필요하며, 특히 지역적, 지질학적 정보가 고려된 경우 높은 상관성을 관찰할 수 있었다. 탄성파속도와 일축압축강도와의 상관성은 매우 낮기 때문에 탄성파속도로부터 일축압축강도를 유추할 때는 세심한 주의가 요구된다. 또한 임계변형률은 일정 일축압축강도 이상에서는 감소하지 않고 오히려 증가하는 경향을 보여 임계변형률을 이용한 암반구조물의 안정성을 평가하는 데 있어 암반분류 등을 고려한 상관성 검토가 필요한 것으로 나타났다.

이와 같이 암석의 역학적 상관성은 암종뿐 아니라 지역적, 지질학적 특성에 영향을 받기 때문에 유용한 데이터베이스를 구축하기 위해서는 다음과 같은 사항을 준수하면서 암석물성시험이 수행되어야 할 것이다.

1. 올바른 시험방법과 시험코드에 따라 시험을 수행한다.
2. 시험자료의 체계적인 관리를 위해 암석시험 결과 이외에 필수정보를 기재하도록 한다. 필수정보로는 시료가 채취된 공간적 위치(좌표, 심도)와 시추주상도를 포함해야 한다.
3. 암석시험결과와는 밀도, 흡수율, 탄성파속도, 일축압축강도, 탄성계수와 같은 필수항목과 함께 인장강도, 점착력, 마찰각 등을 포함한다.

## 사사

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2007년도 첨단도시개발사업(과제번호: 05-건설핵심 D10, 과제명: 해저시설물 차폐기술개발)에 의하여 연구비가 지원되었습니다.

## 참고문헌

1. 건설교통부, 1996, 터널공사표준시방서, 서울, pp. 21 - 36.
2. 김교원, 김수정, 2006, 한반도의 암종별 공학적 특성의 상관성 분석, 대한지질공학회, Vol. 16,
3. 박시현, 신용석, 배규진, 안명운, 우상백, 2007, 한계변형률 개념을 활용한 터널 역해석 기법 연구, 한국터널공학회 학술발표회, pp. 47-57.
4. 박찬, 천대성, 정용복, 송원경, 선우춘, 김복철, 2008, 독도 암석의 역학적 특성에 관한 연구, 터널과 지하공간, Vol. 18, pp. 69-79.
5. 이정인, 이희근, 류창하, 양형식, 1982, 우리나라에 분포하는 주요암석류의 역학적 특성 분석(제 1 보), 대한광산학회지, Vol. 19. pp. 260-267.
6. 이희근, 이정인, 양형식, 1983, 우리나라에 분포하는 주요 암석류의 역학적 특성 분석(제 2 보), 대한광산학회지, Vol. 20. pp. 101-109.
7. 한국지질자원연구원, 2007, 해저지반 조사 및 제척기술 개발.
8. ASTM / C97, 1990, Standard test methods for absorption and specific gravity of dimension stone
9. ASTM / D 2938, 1986, Standard test method for unconfined compressive strength of intact rock core specimens.
10. ASTM / D 3148, 1986, Standard test method for elastic moduli of rock core specimen in uniaxial compression.
11. ASTM / D 2936, 1984, Standard test method for splitting tensile strength of rock core specimens.
12. ASTM / D 2664, 1986, Standard test method for triaxial

compressive strength of undrained rock core specimens without pore pressure measurements.

13. Sakurai, S., Kawashima, I. and Otani, T., 1993, A

criterion for assessing the stability of tunnels, EUROCK '93, Lisbon, pp. 969-973.

**천 대 성**



1997년 서울대학교 공과대학 자원공학과  
공학사  
1999년 서울대학교 대학원 자원공학과  
공학석사  
2006년 서울대학교 대학원 지구환경시스템  
공학부 공학박사  
Tel: 042-868-3248  
E-mail: cds@kigam.re.kr  
현재 한국지질자원연구원 지반안전연구부  
선임연구원

**박 의 섭**



1989년 서울대학교 공과대학 자원공학과  
공학사  
1991년 서울대학교 대학원 자원공학과  
공학석사  
2000년 서울대학교 대학원 자원공학과  
공학박사  
Tel: 042-868-3098  
E-mail: espark@kigam.re.kr  
현재 한국지질자원연구원 지반안전연구부  
선임연구원

**박 철 환**



1979년 서울대학교 공과대학 자원공학과  
공학사  
1981년 서울대학교 대학원 자원공학과  
공학석사  
1987년 서울대학교 대학원 자원공학과  
공학박사  
Tel: 042-868-3244  
E-mail: cwpark@kigam.re.kr  
현재 한국지질자원연구원 지반안전연구부  
책임연구원

**박 찬**



1988년 한양대학교 공과대학 자원공학과  
공학사  
2000년 수원대학교 공과대학 토목공학과  
공학석사  
2006년 충남대학교 공과대학 토목공학과  
공학박사  
Tel: 042-868-3245  
E-mail: chan@kigam.re.kr  
현재 한국지질자원연구원 지반안전연구부  
책임연구원