

제주도 화산암의
역학적 특성에 관한 연구

연세대학교 공학대학원

토목공학전공

엄 관 용

제주도 화산암의
역학적 특성에 관한 연구

지도교수 김 문 겸

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2002년 12월 17일

연세대학교 공학대학원

토목공학전공

엄 관 용

엄 관 용 의 석 사 학 위 논 문 을 인 준 함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연 세 대 학 교 공 학 대 학 원

2002년 12월 17일

감사의 글

만학이라는 어려움 속에서도 마지막 열매를 맺는다고 생각하니 세월의 흐름이 서운한 것 같다. 무엇인가 새로운 것을 위해 노력할 수 있다는 것이 그 얼마나 행복한 일인가. 오늘 종착역에 다다랐다는 기쁨보다는 책임감과 함께 나 자신에 대한 자신감이 느껴지는 것은 무엇 때문일까? 실로 오늘 학문적으로 미미한 정리를 이루었다는 심정보다는 앞으로도 끊임없이 새로운 일을 찾아서 도전할 수 있다는 것이 또 다른 기쁨인 것 같다. 오늘에 이르기까지 많은 분들에게 신세진 것을 되돌아 본다.

본 논문의 논제선정에서부터 완성에 이르기까지 세심한 지도를 아낌없이 베풀어주신 김문점 교수님께 진심으로 감사드립니다.

또한, 그동안 아낌없는 조언과 충고를 주시고 심사를 맡아주신 이상호 교수님, 임윤목 교수님께 감사드리며 재학기간동안 열과 성의를 다하여 지도해주신 토목공학전공 모든 교수님께도 깊은 감사를 드립니다. 그리고, 회사의 바쁜 업무속에서도 학업에 충실할 수 있도록 도와주신 (주)경보기술단의 최장성 상무님을 비롯하여 모든 임·직원 여러분께 감사드리며, 본 논문의 연구를 위해 시험시료와 자료를 구해주신 제주사무소의 고성철 이사와 (주)진산의 고영실 대리께도 감사드립니다. 본 논문의 완성을 위해 자료의 정리 및 각종 시험을 실시하는데 수고를 아끼지 않고 도와주신 응용역학 연구실 여러분과 특히 곽충현 학형께 감사드립니다. 오늘이 있기까지 항상 격려와 염려로 돌보아주신 부모님, 장모님 그리고 건전하고 착실하게 자라준 재원, 재홍이와 이 작은 기쁨을 함께하며, 힘든 가운데서도 사랑과 따뜻한 위로로 내조를 아끼지 않은 사랑하는 아내 희준이에게 이 논문을 바칩니다.

끝으로 오늘 이 글이 있기까지 도와주신 많은 분들께 다시한번 감사드리며, 새로운 각오와 자신감을 갖도록 열심히 노력해온 나 자신에게도 감사한다. 뜻이 있는 곳에 반드시 길이 있으며, 그 길을 선택할 권리와 책임은 자신에게 있다는 것을 명심하며, 또다시 새로운 내일을 위한 걸음을 내딛으며...

차 례

차 례	i
그 립 차 례	iv
표 차 례	vi
국 문 요 약	vii
제 1 장 서 론	1
1.1 연구목적	3
1.2 연구동향	3
1.3 연구방법	4
1.4 연구범위 및 제한사항	5
제 2 장 제주도 화산암의 특성	6
2.1 지형적 특성	6
2.2 지질학적 특성	7
2.3 암상에 따른 분류	8
2.4 암석학적 특성	9
제 3 장 시험 이론	10
3.1 일축압축시험이론	10
3.2 압열인장시험이론	12
3.3 휨시험이론	20
3.4 비중시험이론	22
3.5 흡수율시험이론	23

제 4 장	시료, 시험 장치 및 시험방법	24
4.1	시료채취 및 규격	24
4.2	시험 장치	26
4.3	시험 방법	28
4.3.1	일축압축시험방법	28
4.3.2	압열인장시험방법	28
4.3.3	휨시험방법	29
4.3.4	비중시험방법	29
4.3.5	흡수율시험방법	29
제 5 장	시험 결과 및 고찰	32
5.1	일축압축시험결과	32
5.1.1	단면구속효과	32
5.1.2	유공질 시료의 파괴양상	34
5.1.3	무공질 시료의 파괴양상	37
5.2	압열인장시험결과	40
5.2.1	유공질 시료의 파괴양상	40
5.2.2	무공질 시료의 파괴양상	43
5.3	휨시험결과	46
5.3.1	유공질 시료의 파괴양상	46
5.3.2	무공질 시료의 파괴양상	49
5.4	비중 및 흡수율시험 결과	52
5.5	고찰	53
5.5.1	시험 결과의 고찰	53
5.5.2	국내 화강암과 제주도 현무암의 고찰	54
5.5.3	제주도 현무암의 기존자료에 대한 고찰	56

제 6 장 결 론	57
참 고 문 헌	59
기 호	61
[ABSTRACT]	62

그 립 차 례

그림 3.1 원판상에서의 좌표계	13
그림 3.2 원판에 작용하는 하중	15
그림 3.3 x, y 방향의 응력성분	17
그림 3.4 압열 시편의 응력분포	20
그림 4.1 제주도 현무암 시료	25
그림 4.2 MTS 810 Material Testing System	27
그림 4.3 일축압축시험 모습	30
그림 4.4 압열인장시험 모습	30
그림 4.5 휨시험 모습	31
그림 4.6 비중 및 흡수율시험 모습	31
그림 5.1 상하단면에서의 압축응력분포	32
그림 5.2 단면구속효과	33
그림 5.3 시편내 응력의 분포현황	33
그림 5.4 유공질 시료의 일축압축시험후 형상	35
그림 5.5 유공질 시료의 일축압축시험결과	36
그림 5.6 무공질 시료의 일축압축시험후 형상	38
그림 5.7 무공질 시료의 일축압축시험결과	39
그림 5.8 유공질 시료의 압열인장시험후 형상	41
그림 5.9 유공질 시료의 압열인장시험결과	42
그림 5.10 무공질 시료의 압열인장시험후 형상	44
그림 5.11 무공질 시료의 압열인장시험결과	45
그림 5.12 유공질 시료의 휨시험후 형상	47
그림 5.13 유공질 시료의 휨시험결과	48

그림 5.14 무공질 시료의 휨시험후 형상	50
그림 5.15 무공질 시료의 휨시험결과	51

표 차 례

표 4.1 시료규격 및 수량	24
표 5.1 유공질 시료의 최대압축강도	34
표 5.2 무공질 시료의 최대압축강도	37
표 5.3 유공질 시료의 최대인장강도	40
표 5.4 무공질 시료의 최대인장강도	43
표 5.5 유공질 시료의 최대휨강도	46
표 5.6 무공질 시료의 최대휨강도	49
표 5.7 비중 및 흡수율 시험결과	52
표 5.8 유공질 및 무공질 시료 시험결과	53
표 5.9 각 지역별 화강암의 물리적, 역학적 성질	55
표 5.10 제주도 현무암의 기존 자료	56

국 문 요 약

제주도 화산암의 역학적 특성에 관한 연구

연세대학교 공학대학원
토 목 공 학 전 공
업 관 용

본 연구에서는 제주도 화산암의 역학적 특성을 규명하기 위하여 제주도 4개 지역의 지중 및 채석장에서 코어상태의 시료를 채취하여 코어성형기로 성형한 뒤 유공질과 무공질 시료로 구분하여 강도 및 비중과 흡수율 시험을 실시하였다.

강도시험장비는 MTS사의 MTS 810 Material Testing System을 사용하고 비중 및 흡수율 시험은 크라이스사의 0.1g 정밀도에 총중량 25kg용 전자식 저울을 사용하였다. 시험방법은 일축압축시험, 압열인장시험 및 휨시험을 시행하여 하중-변위곡선에 의해 강도를 측정하고, 건조 및 습윤상태의 무게를 측정하여 비중 및 흡수율을 구하였다.

시험결과 압축강도는 유공질 시료가 $312\text{kgf/cm}^2 \sim 510\text{kgf/cm}^2$ 이며 파괴형태는 연성파괴 및 잔류응력을 나타냈고, 무공질 시료는 $524\text{kgf/cm}^2 \sim 1,119\text{kgf/cm}^2$ 으로 중심축을 기준으로 45도로 파괴되었다.

인장강도는 유공질 시료가 $21\text{kgf/cm}^2 \sim 49\text{kgf/cm}^2$ 이며 압축강도에 대한 비율이 1/10정도로 일반적인 암석의 압축강도 비율 1/10 ~ 1/30 정도인 것과 비교할 때 비교적 큰 값을 나타내고 파괴형태는 중심부를 기준으로 수직, 수평 방향으로 파괴되었으며, 무공질 시료는 $47\text{kgf/cm}^2 \sim 77\text{kgf/cm}^2$ 의 강도로 수직방향으로만 파괴가 일어났다.

휨강도는 유공질 시료가 $30\text{kgf/cm}^2 \sim 120\text{kgf/cm}^2$, 무공질 시료는 82kgf/cm^2

~106kgf/cm²으로 인장강도와 비교했을 때 약 2배의 강도를 보이며, 압축 시험이나 인장시험과는 달리 잔류응력이 없이 급격한 취성파괴가 일어났다.

비중은 유공질 시료가 2.298~2.528인 것에 비해 무공질 시료는 2.619~2.823으로 약 12%정도 높게 나타나고, 흡수율은 유공질 시료 1.4%~2.6%에 비해 무공질 시료는 0.8%~1.5%로 약 40%정도 낮게 나타나 공극의 정도에 따라 비중 및 흡수율의 차이가 매우 큰 것으로 나타났다.

또한, 국내 화강암과의 비교 분석에서는 강도가 1/2~1/5로 비교적 작고, 비중은 5%정도 크며, 흡수율은 5~9배로 매우 높은 것으로 나타났다. 이것은 구성물질과 생성과정에 의한 공극의 영향으로 강도는 저하되고 흡수율은 높은 것으로 판단되며, 비중이 화강암보다 큰 것으로 보아 화강암보다 조밀한 구조로 판단된다.

기존 현무암에 대한 비교는 기존 자료가 매우 미비하여 상대적인 비교 분석은 곤란하나, 입수한 자료에 의해 상대평가만 시행한 결과, 기존자료에 비해 압축강도는 1/2배, 인장강도는 1/4~1/5 정도로 매우 작고, 비중은 2.07~2.7로 시험결과와 거의 동일하나 흡수율은 1.76%~3.94%로 시험결과치 0.8%~2.6%과 크게 상이한 것으로 나타났다. 이것은 현무암의 특징인 공극의 정도에 의하여 강도나 흡수율이 크게 차이가 나는 것으로 판단된다. 그러므로, 제주도 현무암의 연구결과 지표에서 고결되면서 생긴 공극에 의하여 시료에 따라 강도 및 물리적 성질이 비교적 큰 차이를 보이는 것으로 나타나고, 화강암과 비교할 때 암석의 구분상 암석종류는 1단계 하향강도를 적용하고 현무암의 기존자료 적용시 매우 유의해야 할 것으로 판단된다.

핵심되는 말 : 제주도, 현무암, 화강암, 유공질, 무공질, 일축압축강도, 압열인장강도, 휨강도, 비중, 흡수율, 파괴형태

제 1 장 서 론

구조물의 규모가 비교적 작고, 형태가 단순한 경우 구조물의 기초로써 암반에 대한 개념은 비교적 강도가 큰 강체라고만 인식되어 암반의 변형이나 강도등 역학적 성질에 대해서는 별로 취급하지 않았다. 그러나, 최근들어 건설공사가 대형화되고 기술이 발전하면서 구조물 기초의 지지력 산정시 또는 대절토사면의 사면안정 산정시 암반에 대한 변형과 강도등 역학적 성질을 필요로 하게되고, 암반의 물리적 성질과 함께 암반에 대한 연구와 조사가 활발하게 되면서 관련자료들도 많아지는 추세이다.

국내의 암반에 관한 자료로 한반도에 가장 많이 분포되어 있는 화강암에 대한 자료의 양은 상대적으로 방대하나, 한반도의 최남단에 위치하는 국내 유일한 제주도 화산암에 대한 자료는 미비한 실정이다.

제주도 화산암의 주를 이루는 현무암은 화산 폭발로 마그마가 지표로 분출해서 급속히 냉각 고결되어 형성된 암반으로 구성물질 및 생성과정의 차이때문에 화강암과 물리적 역학적 성질이 다른 것이라 판단되어 화산암의 일종인 현무암에 대한 역학적 특성 규명하게 되었다.

본 연구에서는 제주도내 4개 지역에서 지중 또는 채석장에서 채취한 시료를 유공질 시료(화산폭발시 가스로 인해 공극이 상대적으로 많은 현무암)와 무공질 시료(공극이 상대적으로 적은 현무암)로 구분하여 암석의 역학적 성질을 나타내는 일반적인 시험방법인 일축압축시험과 압열인장시험을 시행하였으며, 휨시험을 통하여 재료의 휨강도를 측정하였다. 그리고 한국건축재료 시험원에서 물리적 성질인 비중과 흡수율 시험을 병행하여 현무암의 물리적 특성을 조사하고, 시험에서 측정된 결과치를 화강암과 비교하여 차이점을 분석해 보았다.

본 연구결과 현무암은 화강암에 비해 강도는 1/2~1/5 정도로 비교적

작고, 비중은 5% 정도 크며, 흡수율은 5~9배로 매우 높은 것으로 분석되었다. 그러므로, 현재 국내에서 제주지역 암석에 대해 공학적 강도에 의한 분류상 보통강함(Moderately Strong)에서 강함(Strong)으로 분류하여 압축강도를 $250\text{kgf/cm}^2 \sim 1,000\text{kgf/cm}^2$ 로 적용하는 것을 확인할 수 있었다. 그러나, 강도의 분포폭이 너무 크고 유공질 시료와 무공질 시료의 강도차이가 2배 이상인 것으로 고려할 때 현무암의 기존자료 적용시 매우 유의해야할 것으로 판단된다.

1.1 연구목적

최근들어 국내외적으로 건설공사가 점점 대형화되고, 제주도도 개발계획에 따라 대규모 토목공사나 대형 건축구조물, 대절토사면등의 건설이 예상되므로 이에따라 제주도 지역의 화산암인 현무암 지반에 대한 역학적 자료의 필요성과 암반의 공학적 성질에 대한 여러가지 자료가 요구되고 있다.

이에, 본 연구에서는 제주지역의 현무암에 대한 지반공학적 기초자료인 역학적, 물리적 특성을 연구하여 국내의 대표적 기반암인 화강암과 강도, 비중 및 흡수율등 공학적 측면에서 비교 검토하고 차이점을 분석하여 향후, 제주지역의 대형 건설공사 또는 지반공학 분야의 기초 자료로 활용하고자 하는데 목적이 있다.

1.2 연구동향

암석은 암석역학, 지질학 등 여러 분야에서 연구가 진행되어 왔으나 암석에 관한 문헌은 매우 빈약하여 Bowles(1939)이후, Winkler(1975)에 의해서 암석의 전반적인 특성이 정리되었다.

암석의 역학적 특성에 관한 연구로는 김재극(1969)에 의해 암석역학과 구조물의 설계에 관한 연구가 수행되었으며, 이정인(1979)에 의해서 암석의 인장강도에 관한 연구가 수행되어 인장강도의 실험방법에 대한 다양한 소개가 있었다. 1990년대에는 김주범(1993)에 의해 화강암, 편마암 및 안산암에 관한 암석의 역학적 성질이 연구되었다.

최근에는 지반공학 문제와 관련하여 암석 및 콘크리트의 전단면 변형에

대한 연구(전석원 등, 2000), 암석 및 콘크리트의 압축변형거동에 대한 연구(이정인 등, 2001) 및 암석의 전단파괴 인성에 관한 연구(윤정석 등, 200)등이 진행되었다.

또한, 본 연구에서 관심있게 다룬 제주도 화산암에 관한 연구는 지구 물리학 및 지구지질학적 관점에서 Nakamura(1925) 와 Haraguchi(1928, 1929, 1930, 1931)등에 의해 처음 연구되기 시작했다. 국내에서는 농업진흥공사(1972-1989), 최순학(1972-1989), 민경덕(1985)등에 의해 제주도 화산암에 관한 연구가 진행되어왔으며 1980년대 이후에는 박준범과 권성택(1993, 1966)에 의해 제주도 화산암의 지질학적 특성 및 화학적 특성에 관한 연구가 활발히 진행되어 제주도의 지질개관과 형성과정, 제주도의 암석학적 특징등이 정립되었다. 그러나 암석의 역학적 특성은 물리적, 화학적 연구에 비해 미비한 실정이며 특히 제주도 화산암에 대한 역학적 특성에 관한 연구는 거의 전무한 실정이라서 본 연구가 추후 제주도 화산암에 관한 연구에 많은 도움이 될것으로 기대된다.

1.3 연구방법

암석의 역학적 성질을 측정하는데는 제주도 4개 지역에서 비교적 공극이 많은 유공질 시료 30개와 공극이 적은 무공질 시료 30개를 코아상태로 채취하여 암석시료에 직접 힘을 가하여 계측하는 정적인 방법을 적용하였다. 강도 시험장비는 MTS 810 Material Testing System을 사용하고, 시험방법은 일축압축시험은 KS F 2519, 압열인장시험은 KS E 3032, 휨시험은 KS F 2408에 준하여 실시하고, 비중 및 흡수율 시험은 한국건설재 시험 연구소에서 KS F 2518에 준하여 실시하였다.

강도측정은 하중-변위 곡선을 이용하여 최대하중에서 파괴응력을 검

측하였으며, 파괴위치와 파괴방향등을 조사하여 유공질시료와 무공질 시료의 재료에 의한 파괴형태 및 시험방법에 따른 파괴형태를 연구하였다.

1.4 연구범위 및 제한사항

본 연구는 전술된 연구목적을 효율적으로 수행하기 위하여 다음과 같은 제한된 범위내에서 수행한다.

- (1) 일축압축시험에서 사용하는 시험기는 시험편에 압축력 이외의 외력이 가해지지 않으며 그 하중이 서서히 그리고 전단면에 분포하여 가해진다. 이는 시험편의 단면이 굴곡이 있으면 그곳에 응력이 집중되므로 그것을 방지하기 위함이다.
- (2) 시료는 채취한 후 시험편을 제작할 때까지 시료를 상처내거나 또는 함수율의 변화를 가져오거나해서 원래 위치에서의 암석의 성상을 변화시키지 않고 시험이 실시되도록 한다.
- (3) 일반적으로 암석의 강도 시험시에는 방향성과 방위를 고려하여야 하나 본 연구에 사용된 제주도 현무암은 공극은 있으나 방향성과 방위가 없으므로 압축시험과 인장 시험 및 휨시험시 가압하는 방향에 영향을 주지 않는다.
- (4) 최대압축응력 후에도 완전히 파괴되지 않고 변형이 무한히 증대하는 경우에는 연성파괴에 의한 잔류응력으로 판단하여 그 이후에 발생하는 응력은 무시하여 시험을 중지하였다.
- (5) 일반적으로 암석은 인장응력에 대하여는 약하지만 압축응력에 대하여는 대단히 큰 저항을 나타내기 때문에 압열인장시험에서 발생하는 압축응력은 무시한다.

제 2 장 제주도 화산암의 특성

2.1 지형적 특성

제주도는 한반도의 최남단에 위치하는 환태평양 화산대 즉, 호상열도에서 벗어난 대륙남단에 있는 하나의 큰 화산섬이다.

최고봉인 한라산을 중심으로 동서측 74km와 남북측 32km로 이루어진 타원형으로 제3기말인 플라이오세에서부터 제4기인 프라이스토세 사이의 화산활동에 의해서 형성된 것으로 추정되고 있다.

이러한 화산활동은 유사시대(AD 1002, 1007, 1445, 1570년)까지도 화산폭발이나 지진등의 활동기록을 가지고 있으나 현재는 휴화산인 상태이다.

지형적으로는 주로 산정부근은 조면암으로 지하유출보다는 지표유출이 많아 빠른 개석이 진행되어 기암이 발달한 유년기 상태를 보이지만, 산정이하 지역은 기공이 많은 현무암등으로 구성되어 지하유출이 많으므로 화산폭발 당시의 상태를 거의 보존하고 있는 원지형을 나타내고 있다. 이러한 화산체의 형상으로 볼 때 화산분출의 전반기에는 전역분출이 있으나, 후반기에는 백록담의 화구를 중심으로 중심분출을 하여 유동성이 큰 현무암질 용암이 흘러서 산정상부를 제외한 전역이 3°~ 5°의 비교적 완만한 경사지형으로 높이에 비해 기저부가 매우 넓은 순상화산인 모습을 생성시켰다.

지형의 발달상태는 남사면은 풍화와 침식에 대한 저항력이 약한 조면암 및 안산암으로 구성되어 있고 북사면은 현무암으로 구성되어 있다.

북사면보다 기복량이 크고 융기율과 침식율이 큰 남사면 지역에 융기 지역의 특색인 파식대 및 해안단구 지형이 대규모로 발달되어 있는 지형

이다.

또한, 현무암에 주로 발달하는 주상절리가 남측해안 지역에 분포 되어 있는 것이 특징이다.

2.2 지질학적 특성

제주도의 지질은 제3기 플라이오세의 서귀포동, 제4기 플라이스토세에 속하는 성산층, 화순층 및 신제리층등의 퇴적암층과 현무암, 조면암질 안산암, 조면암등의 화산암류, 기생화산에서 분출된 화산쇄설물등으로 구성되어 있다.

기록에 의하면 약 79회 이상의 용암분출에 의하여 구분된 현무암류는 광물조성과 화학성분으로 보아 철강석, 감람석 현무암, 반상회석 현무암, 반사장석 현무암, 비현정질 현무암 등으로 구분되며 이들 암석이 제주도 전면적의 95%이상에 분포되어 있다.

화산 분출기는 통상 4단계로 분류되는데 크게 전기의 용암대지 형성기에는 알칼리 현무암에서 조면암, 후기의 한라산체 형성기에는 하와이아이트에서 조면암의 분화를 보이고 있다.

화산활동에 있어서 각 분출기는 현무암의 유출을 시작으로 안산암질 또는 조면암질로 이화되면서 말기에는 화산쇄설물을 방출하여 성산층과 화순층 및 신양리층에 넓게 분포되었다. 중기에 속하는 기생화산은 주로 한라산 주위에 산재되어 현무암질 화산쇄설물로 구성된 분석구이다.

그러므로, 제주도의 화산암은 알칼리 현무암, 하와이아이트, 뮤저라이트 및 조면암, 소량의 솔리아이트 등 다양한 지질로 구성되어 있으며 이들 화산암은 해수면하 약 100m까지만 존재하고 그 이하는 시대 미상의 미고령 퇴적층 및 중생대로 추정되는 기반암이 분포한다고 알려져 있다.

2.3 암상에 따른 분류

제주도의 지질은 주로 알카리 현무암이고, 이로부터 결정분화된 하와이아이트, 뮤저라이트 조면암 계열의 용암류 및 소량의 화산쇄설암으로 구성되어 있으나, 최근에는 일부 솔리아이트 조성의 현무암들이 동,서쪽 연안에서 발견되고 있다. 제주도의 지질도에서는 암상에 따라 다음과 같이 분류하고 있다.

가. 침상장석 감람석 현무암 (Feldspar Olivine Basalt ; FOB)

매우 젊은 시기에 분출된 것으로 제주도 동,서 해안 저지대에 넓게 분포함.

나. 장석 현무암 (Feldspar Basalt ; FB)

장석 반점이 많으며 제주도 남부와 북부지방의 중산간지대(해발 200~600m)와 고산지대에 넓게 분포함.

다. 비현정질 현무암 (Aphanitic Basalt ; APB)

화학적으로는 하와이아이트로 분류되어 주로 침상장석 감람석 현무암 (FOB)를 피복하고 있으며, 제주도 동,서부 지역의 중산간 지대에서 해안 저지대까지 분포함.

라. 조면암 (Trachyte ; T)

화학조성 분석에 의해 조면암, 하와이아이트, 뮤저라이트로 분류되며 조면암류는 크게 백록담 일대에 분포하는 백록담 그룹과 산방산 일대에 분포하는 산방산 그룹으로 구분되어 분포함.

2.4 암석학적 특성

현무암은 화성암의 분류상 석영(SiO_2) 함량이 52~45%로 비교적 낮으며 사장석, 각섬석, 휘석등의 광물을 함유하고 있어 검은색을 나타낸다.

제주도의 모래가 석영(rm SiO_2)모래가 거의없고, 조개껍질이 부서진 석회질(rm CaCO_3)모래와 어두운 색의 각섬석이나 휘석모래가 대부분인 것도 이것 때문이다.

지표 가까이서 급속히 냉각됨에 따라 결정의 크기가 0.01mm이하의 작은 세립질(fine-grained)로 입자크기가 적고 치밀한 조직이므로 다른 화성암보다 상대적으로 강도가 약 250MPa로 높게 나타나지만 기공이 발달한 경우나 풍화가 진행된 경우에는 강도가 감소한다.

또한, 광물이나 입자조직상의 이방성이 없는 것이 특징이다.

암석의 화학적 특징은 제주도의 알칼리 암류는 산화칼슘/산화나트륨($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$)이 0.5이하인 Na계열이며, 알칼리암의 분화에 따른 세가지 계열중 Straddle 계열이다.

제주도 화산암의 주성분은 알칼리 현무암과 솔리아이트 현무암의 미량 원소인 지르코늄(Zr), 이트륨(Y), 티타늄(Ti), 망간(Mn), 니오브(Nb) 등으로 구성되어 있다.

제 3 장 시험 이론

3.1 일축압축시험이론

일축압축응력은 시편에 가해진 최대파괴하중(kgf)을 시편의 하중지지 단면적(cm^2)으로 나누어 계산하였다.

$$S_c = \frac{4F}{\pi d^2} \quad (3.1)$$

ASTM 규정에서는 각변의 길이가 2인치 이상인 정방향 시편을 사용하도록 규정하고 있으나, 압축시편인 경우 높이와 직경의 비가 2인 시편을 사용하는 방법도 보편화되어 있다.

암석은 재료의 불균일성으로 인하여 측정값의 분산정도가 상당히 크게 나타나므로, 시험편은 5개이상 준비되어야 하며 층리나 편리가 발달된 암석의 경우에 있어서는 하중방향을 표시하여 주는 것이 바람직하다.

압축시험에 의하여 측정된 자료는 시험조건의 변화에 대하여 민감한 반응을 일으키므로 압축강도에 영향을 미치는 조건에 대하여는 세심한 주의가 요구되며 이를 나열하여 보면 다음과 같다.

- (가) 시험편의 형태
- (나) 시험편의 크기
- (다) 시험편의 정형도
- (다) 시험편과 가압판의 접촉상황
- (라) 건조의 정도
- (바) 하중 속도

동일면적에 대한 시편의 압축강도는 시편의 변의 수가 적어짐에 따라

압축강도도 저하되는 경향을 나타내며, 이는 시편의 전 면적이 하중을 지지하는 유효면적으로 이용되지 않고 모서리 부분에 응력집중이 발생할 확률이 크기 때문이다. 또한 암석은 광물입자의 집합체 혹은 결합체로서 미시적 내지 거시적 결합을 내부에 지닌 취성재료라고 생각하여 Griffith의 파괴이론이나 확률론적 사고방식을 도입하여 해석하면, 시편의 크기가 클수록 결합정도나 균열발생 확률이 증대되므로 상대적인 강도 저하를 초래한다. 또한 시편의 종횡비를 매개변수로 하여 임의의 직경 D , 길이 h 인 원주형 시편의 압축강도 S'_c 를 측정된 연구보고에 의하면 다음의 관계와 같다

$$S_c = \frac{S'_c}{0.778 + 0.222(D/h)} \quad (3.2)$$

단, 여기서 계산되는 S_c 는 종횡비가 1인 시편의 압축강도값을 기준으로 하여 산출된다.

압축시험기의 가압판과 시편의 접촉상황이 평활하지 않으면 그 요철부분에 미세한 응력집중 현상이 일어나며, 시편 상하의 평행도가 충분하지 못할 경우에는 하중이 시편의 한쪽에만 작용하여 곡 모멘트의 영향이 나타나 강도저하를 초래할뿐 아니라 불안정한 탄성계수값을 나타낸다.

또한 시편에 압축하중이 가하여지면 시편과 재하판은 횡으로 팽창하나 암석과 재하판의 팽창율이 서로 다르기 때문에 이 부분에서 마찰력이 발생하고 시편 양 끝에 횡방향 응력을 유발하여 삼축압축시와 비슷한 구속 효과를 나타낸다.

공극율이 높은 암석에서 특히 심하지만 시편의 건조 또한 암석의 압축강도에 영향을 미친다. 공극중에 함유되어 있는 물이 압축에 의해 공극

이 축소되면 썩기와 같은 작용을 하여 입자의 간격이나 틈을 넓히며 입자의 표면에 부착한 물은 입자의 표면에너지에 영향을 주어 결과적으로 입자간의 결합력을 약화시키는 역할을 한다. 보통 암석의 경우 48시간 침수된 시편은 약 5~15%정도의 강도저하를 일으킨다.

하중속도는 시편에 가해지는 응력의 증가비이며 일반적으로 하중속도가 커지면 탄성율은 증대되어 파괴응력도 증가하게된다.

3.2 압열인장시험이론

시편에 대해 직경방향으로 압축시켰을 때의 인장강도는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$S_t = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot l} \quad (3.3)$$

S^t : 인장강도 (kg/cm^2)

p : 하중 (kg)

d : 시편의 직경 (cm)

l : 시편의 두께 (cm)

위 식은 다음과 같은 방법에 의하여 유도된다.

일반적으로 반무한원판의 경계에 작용하는 집중선하중에 의한 응력분포는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\sigma_r = -\frac{2P\sin\theta}{\pi \cdot L \cdot r}, \sigma_\theta = \tau r \theta \quad (3.4)$$

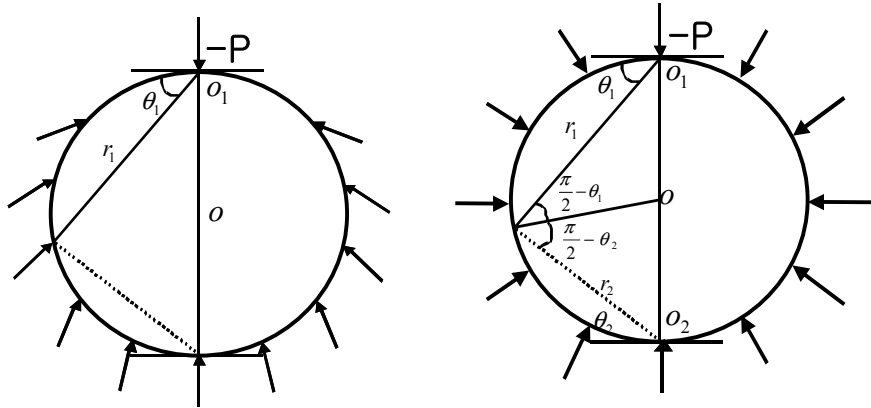


그림 3.1 원판상에서의 좌표계

그림 3.1에서 보면

$$r_1 = D \sin \theta_1 \quad (3.5)$$

식 (3.5)를 식 (3.4)에 대입하면

$$\sigma_r = -\frac{2P}{\pi DL} \quad (3.6)$$

이 된다. O_1 점에 $-P$ 의 힘이 작용하고 O_1 점을 향해서 $-\frac{2P}{\pi DL}$ 의 일정한 경계응력이 작용한다면 시편에서의 응력분포는

$$\sigma_{r_1} = -\frac{2P \sin \theta_1}{\pi \cdot L \cdot r_1} \quad (3.7)$$

$$\sigma_{r_2} = -\frac{2P \sin \theta_2}{\pi \cdot L \cdot r_2} \quad (3.8)$$

가 된다. $\theta_1 + \theta_2 = \frac{\pi}{2}$ 가 되므로 σ_{r_1} 과 σ_{r_2} 로부터 수직경계응력은

$$\sigma_r = \sigma_{r_1} \cos^2\left(\frac{\pi}{2} - \theta_1\right) + \sigma_{r_2} \cos^2\left(\frac{\pi}{2} - \theta_2\right) \quad (3.9)$$

가 되므로 σ_{r_1} 과 σ_{r_2} 를 $-\frac{2P}{\pi DL}$ 로 대체하면

$$\sigma_2 = -\frac{2P}{\pi DL} (\sin^2 \theta_1 + \sin^2 \theta_2) \quad (3.10)$$

가 된다. $\theta_1 + \theta_2 = \frac{\pi}{2}$ 를 식 (3.10)에 대입하면

$$\sigma_{r_2} = -\frac{2P}{2\pi DL} (\sin^2 \theta_1 + \cos^2 \theta_1) = -\frac{2P}{\pi DL} \quad (3.11)$$

가 되므로 수직경계응력은 일정하고 그값은 $-\frac{2P}{\pi DL}$ 이다. $\frac{2P}{\pi DL}$ 의 수직경계응력이 원판에 작용한다면 수직경계합응력은 집중하중 $-P$ 가 작용하는 O_1 과 O_2 점을 제외하는 모든 점에서 0이 된다.

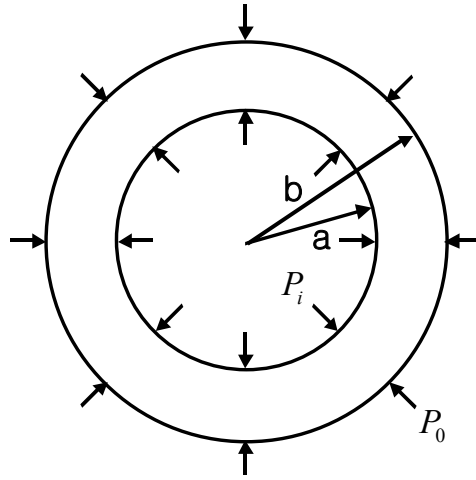


그림 3.2 원관에 작용하는 하중

그림 3.2에서 $P_i = 0$ 라고 하면 $\sigma_r, \sigma_\theta, \tau_{r\theta}$ 는 식 (3.12)과 같다.

$$\sigma_r = -\frac{b^2 P_0}{b^2 - a^2} \left(1 - \frac{a^2}{r^2}\right) \quad (3.12.a)$$

$$\sigma_\theta = -\frac{b^2 P_0}{b^2 - a^2} \left(1 + \frac{a^2}{r^2}\right) \quad (3.12.b)$$

$$\tau_{r\theta} = 0 \quad (3.12.c)$$

식 (3.12)에서 $a \rightarrow 0$ 으로 하고 $-P_0$ 를 $-\frac{2P}{\pi DL}$ 로 치환하면 $-\frac{2P}{\pi DL}$ 의 수직경계응력의 응력분포를 얻을 수 있다. 그러므로

$$\sigma_{r_3} = \frac{2P}{\pi DL} \quad (3.13.a)$$

$$\sigma_{\theta_3} = \frac{2P}{\pi DL} \quad (3.13.b)$$

로 된다. 여기에서 원판에 작용하는 응력의 3시스템은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\sigma_{r_1} = -\frac{2P \sin \theta_1}{\pi \cdot L \cdot r_1}, \quad \sigma_{\theta_1} = \tau r_1 \theta_1 = 0 \quad (3.14.a)$$

$$\sigma_{r_2} = -\frac{2P \sin \theta_2}{\pi \cdot L \cdot r_2}, \quad \sigma_{\theta_2} = \tau r_2 \theta_2 = 0 \quad (3.14.b)$$

$$\sigma_{r_3} = -\frac{2P \sin \theta_3}{\pi \cdot L \cdot r_3}, \quad \sigma_{\theta_3} = \frac{2P}{\pi DL}, \quad \tau r_3 \theta_3 = 0 \quad (3.14.c)$$

그림 3.3으로부터 응력의 x, y 성분은

$$\sigma_x = \sigma_{r_1} \cos^2 \theta_1 + \sigma_{r_2} \cos^2 \theta_2 + \sigma_{r_3} \sin^2 \alpha + \sigma_{\theta_3} \cos^2 \alpha \quad (3.15.a)$$

$$\sigma_y = \sigma_{r_1} \sin^2 \theta_1 + \sigma_{r_2} \sin^2 \theta_2 + \sigma_{r_3} \cos^2 \alpha + \sigma_{\theta_3} \sin^2 \alpha \quad (3.15.b)$$

$$\tau_{xy} = -\sigma_{r_1} \sin \theta_1 \cos \theta_1 + \sigma_{r_2} \sin \theta_2 \cos \theta_2 \quad (3.15.c)$$

이 된다.

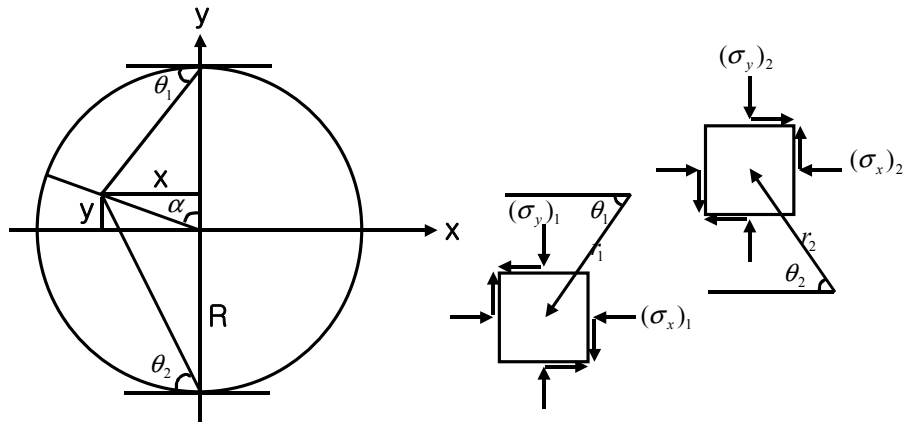


그림 3.3 x, y 방향의 응력성분

식 (3.15)를 식 (3.14)에 결합하면

$$\sigma_x = -\frac{2P}{\pi L} \left(\frac{\cos^2 \theta_1 \sin \theta_1}{r_1} + \frac{\cos^2 \theta_2 \sin \theta_2}{r_2} - \frac{1}{D} \right) \quad (3.16.a)$$

$$\sigma_y = -\frac{2P}{\pi L} \left(\frac{\sin^3 \theta_1}{r_1} + \frac{\sin^3 \theta_2}{r_2} - \frac{1}{D} \right) \quad (3.16.b)$$

$$\tau_{xy} = -\frac{2P}{\pi L} \left(-\frac{\sin^2 \theta_1 \cos \theta_1}{r_1} + \frac{\sin^2 \theta_2 \cos \theta_2}{r_2} \right) \quad (3.16.c)$$

가 된다. 또 그림 3.3에서

$$\sin \theta_1 = \frac{R-y}{r_1}, \quad \cos \theta_1 = -\frac{x}{r_1} \quad (3.17.a)$$

$$\sin \theta_2 = \frac{R+y}{r_2}, \quad \cos \theta_2 = -\frac{x}{r_2} \quad (3.17.b)$$

$$r_1^2 = x_2 + (R-y)^2, \quad r_2^2 = x_2 + (R+y)^2 \quad (3.17.c)$$

이므로 식 (3.17)을 식 (3.16)에 대입하면

$$\sigma_x = -\frac{2P}{\pi L} \left[\frac{(R-y)x^2}{(x^2 + (R-y)^2)^2} + \frac{(R+y)x^2}{(x^2 + (R+y)^2)^2} - \frac{1}{D} \right] \quad (3.18.a)$$

$$\sigma_y = -\frac{2P}{\pi L} \left[\frac{(R-y)^2}{(x^2 + (R-y)^2)^2} + \frac{(R+y)^2}{(x^2 + (R+y)^2)^2} - \frac{1}{D} \right] \quad (3.18.b)$$

$$\tau_{xy} = -\frac{2P}{\pi L} \left[\frac{(-x)(R-y)^2}{(x^2 + (R-y)^2)^2} - \frac{(-x)(R+y)^2}{(x^2 + (R+y)^2)^2} \right] \quad (3.18.c)$$

τ_{xy} 가 x축의 +방향으로 계산되면 x의 -부호는 없어진다. y=0일 때 즉, x축상에 있는 점들에 대하여 식 (3.18)은 다음과 같이 된다.

$$\sigma_x = \frac{P}{\pi LR} \left[\frac{(R^2 - x^2)}{(R^2 + x^2)} \right]^2 \quad (3.19.a)$$

$$\sigma_y = -\frac{P}{\pi LR} \frac{(3R^2 + x^2)(R^2 - x^2)}{(R^2 + x^2)} \quad (3.19.b)$$

$$\tau_{xy} = 0 \quad (3.19.c)$$

그러므로 x축에 대하여 작용하는 압축하중에 대해서 σ_x 는 항상 +, 즉 인장력이며 σ_y 는 -, 즉 압축력이 된다. x=0일때, 즉 y축상의 점들에 대하여 식 (3.18)은 다음과 같이 된다.

$$\sigma_x = \frac{P}{\pi RL} \quad (3.20.a)$$

$$\sigma_y = -\frac{P}{\pi LR} \frac{(3R^2 + y^2)}{(R^2 - y^2)} \quad (3.20.b)$$

$$\tau_{xy} = 0 \quad (3.20.c)$$

그러므로 y 축에 작용하는 압축하중에 대하여 σ_x 는 +이며, 일정한 인장력이 되고, σ_y 는 -이며 압축력이 된다.

그림 3.4에서 원판의 하중중심선에 의한 응력상태를 보면 중심선상의 각 점($\theta_1 = \theta_2 = 0, r_1 + r_2 = D$)에는 하중방향으로 압축응력도 발생하고 있으며 중심부에서 인장응력의 3배의 압축응력이 작용하고 있음을 알 수 있다.

그러나 암석은 인장응력에 대하여는 약하지만 압축응력에 대하여는 대단히 큰 저항을 나타내기 때문에 여기서 발생하는 압축응력에 대하여 파괴가 일어나기 이전에 인장응력에 의하여 원판형 시편이 파괴되는 것으로 설명할 수 있다.

따라서 직경방향에 대한 하중이 P 일 때 인장강도는 다음과 같다.

$$S_t = \sigma_x = \frac{P}{\pi RL} = \frac{2P}{\pi DL} \quad (3.21)$$

이와같은 원리에 기초한 암석의 압열인장시험방법은 시편의 성형이 용이하므로 널리 사용되고 있지만 앞에서 설명한 바와 같이 압축응력과 인장응력이 동시에 존재한 상태에서 파괴가 일어나므로 완전한 순수인장상태가 아닌 점에 검토의 여지가 있다. 또한 힘이 가해지는 성분이 변형되어

이론적인 집중하중이 아니고 너비를 가진 하중이 되는 경우에는 시편 내부의 응력상태가 상기한 이론적인 상태와 상이하게 되고 따라서 식 (3.21)으로 계산된 인장강도는 오차를 갖는다.

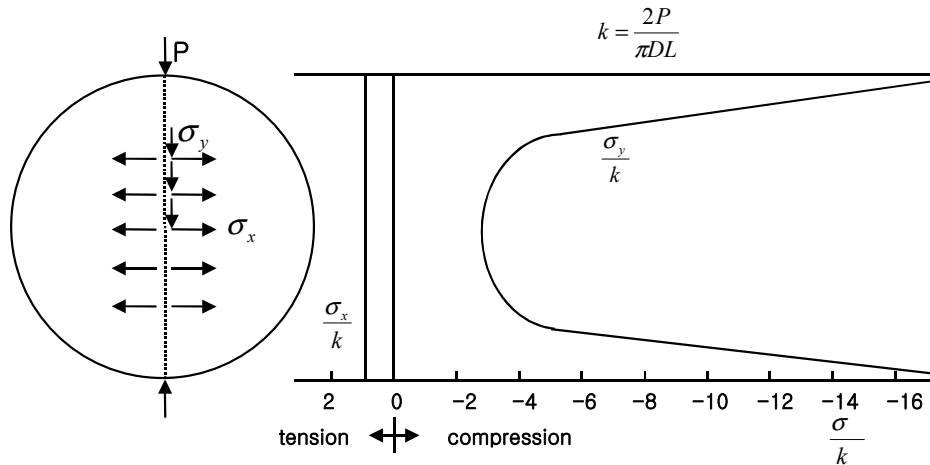


그림 3.4 압열 시편의 응력분포

3.3 휨시험이론

보가 굽힘응력을 받으면 보의양측에는 전단력이 작용하며 보의 중앙부에는 전단력이 작용하지 않고 굽힘모멘트만이 작용한다. 시편의 중립축 상부에서는 압축응력을 받고 하부에서는 인장응력을 받게 된다. 중립축에서 길이 y 만큼 떨어진 지점에서의 변형률은

$$\epsilon_x = \frac{dx}{dx} = \frac{vd\theta}{dx} \quad (3.22)$$

가된다. 여기서 곡률반경 $\rho = \frac{dx}{d\theta}$ 이므로 식 (3.22)에 대입하면

$$\epsilon_x = \frac{y}{\rho} \quad (3.23)$$

로 표현된다. Hook의 법칙에서 응력은 $\sigma_x = \epsilon_x E$ 이므로 식 (3.23)에 대입하면

$$\sigma_x = \frac{y}{\rho} E \quad (3.24)$$

이때 힘 $P = \sigma_x \cdot dA$ 이므로 식 (3.24)에 대입하면

$$P = \frac{y}{\rho} \cdot E \cdot dA \quad (3.25)$$

휨 모멘트 $M = P \cdot \ell$ 이고 ℓ 은 길이로서 y 와 같다. 그러므로 $P = \sigma_x \cdot dA$ 을 $M = P \cdot \ell$ 에 대입하면

$$dM = \sigma_x \cdot dA \cdot y \quad (3.26)$$

이 모멘트 요소를 그 단면의 전체 면적에 대하여 적분하면

$$M = \int_A \sigma_x \cdot dA \cdot y \quad (3.27)$$

식 (3.24)를 식 (3.27)에 대입하면

$$M = \int_A \frac{y}{\rho} \cdot E \cdot y \cdot dA = \int_A y^2 \cdot dA = \frac{E}{\rho} \int_A y^2 \cdot dA \quad (3.28)$$

식 (3.27)에서 $\int_A y^2 \cdot dA$ 를 관성모멘트라 하며 I로 표시한다.

1점하중방식(2등분점재하)의 경우 최대인장응력은 $\sigma_{\max} = \frac{M}{I} y_{\max}$ 이

고 장방형 단면의 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$ 이며 굽힘모멘트는

$M = \frac{1}{4} PL$ 으로 표시되고 $y_{\max} = \frac{h}{2}$ 이므로

$$\sigma_{\max} = \frac{12}{bh^3} \cdot \frac{PL}{4} \cdot \frac{h}{2} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (3.29)$$

식 (3.29)를 파단강도 또는 굴곡강도 또는 휨강도라 한다.

3.4 비중시험이론

비중이란 시료의 질량과 시료의 동일체적인 물의 질량과의 비이다. 비중의 종류로는 진비중과 가비중, 부피비중이 있다.

진비중이란 참된비중, 참비중, 또는 절대비중 이라고도 한다. 기호는 G_s 또는 ρ_{true} 로 표시한다. 암석을 구성하는 실질 광물 부분의 비중, 즉 광물입자만의 중량에 대한 비중이다.

$$G_s = \frac{W_s}{W_w} \quad (3.30)$$

W_s : 암석중 광물입자만의 중량 W_w : 시료와 동일한 체적의 물의 중량

가비중이란 겉보기비중, 외견비중 이라고도 한다. 기호는 G_b 또는 ρ_{app} 로 표시한다. 공극의 체적을 포함한 암석전체의 체적과 같은 물의 중량과 암석의 중량과의 비이다.

$$G_b = \frac{W}{V\gamma_w} = \frac{\gamma}{\gamma_w} \quad (3.31)$$

부피비중이란 체적비중, 총체비중, 용적비중 이라고도 하는데 시료를 성형하여, 시료의 체적을 측정하여 구한 비중이다.

3.5 흡수율시험이론

흡수율이란 암석 시료의 공극중에 물의 흡수능력을 말한다. 기호는 w' 로 표시한다.

$$w' = \frac{W_w}{W_s} \times 100(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \quad (3.32)$$

W_1 : 강제 습윤 시료의 중량 W_2 : 강제건조 시료의 중량

제 4 장 시료, 시험 장치 및 시험방법

4.1 시료채취 및 규격

본 연구에서 사용된 암석재료는 제주지역에 가장 많이 분포되어 있는 현무암을 제주도 서귀포시 중문동, 남제주군 표선면 하천리, 북제주군 조천읍 북촌리, 남제주군 남원읍 한남리 일대에서 지중 또는 채석장에서 코아상태로 채취하였다. 채취된 시료는 암석코아성형기(Core Drilling Machine)을 이용하여 코어링하고 다이아몬드 톱으로 가공한 뒤 연마분을 이용하여 단면의 오차가 0.05mm이내가 되도록 성형하였다.

특히, 원주형 시료는 시료 상하의 단면이 서로 평행하고, 측면과는 수직이 되도록 다듬질 하였다.

표 4.1 시료규격 및 수량

시료 구분	형 태	시료 규격		시료 개수	
		직 경	높 이	유공질	무공질
일축압축시험	원주형	50mm	100mm	10개	10개
압열인장시험	원주형	50mm	100mm	10개	10개
휨 시험	정사각 직육면체	50×50mm	180mm	10개	10개
비중 및 흡수율	원주형	50mm	100mm	10개	10개



그림 4.1 제주도 현무암 시료

4.2 시험 장치

강도시험에 사용한 장치는 MTS사가 제작한 MTS 810 Material Testing System을 사용하였다. 그림 4.2는 MTS 810 Material Testing System의 구성을 나타내고 있다. 본 장치는 크게 4개 부분으로 구성되며 본체인 Model 810 Load Unit Assemble와 제어장치인 Digital Controller, 전원공급장치인 Hydraulic Power Unit 그리고, 정보처리용 PC로 구성되어 있다. 이 System의 최대하중은 25Ton이며 압열인장시험과 접하중시험이 가능한 Grip을 보유하고 있다. 그리고, 비중 및 흡수율 시험장치는 크라이스사의 0.1g 정밀도에 총중량 24kg용 전자식 저울을 사용하였다.



그림 4.2 MTS 810 Material Testing System

4.3 시험 방법

4.3.1 일축압축시험방법

일축압축시험은 하중변위속도를 0.2mm/min으로 일정하게 유지시켜 시편에 하중을 가하였으며, 시편에 가해지는 압축하중을 시편에 일정하게 분포시키기 위하여 상부에 구좌를 설치하였다.

시편은 하중을 가하기 전에 디지털 버니어캘리퍼스를 이용하여 시편의 상하 단면 부근과 중앙 부근 단면에서, 서로 직교하는 두 방향의 지름을 0.05mm까지 측정하고 높이도 0.05mm까지 측정한 뒤 가압판의 중앙에 놓고 시험기, 가압판, 시편 각각의 중심선이 일치되어 있는가를 확인한 뒤 하중을 가하였다. 하중은 시편이 최대하중이후 감소하여 일정하게 유지되는 시점에서 멈추었다. 그림 4.3은 일축압축시험모습이다.

4.3.2 압열인장시험방법

그림 4.4는 압열인장시험을 하기위해서 시편을 Plate사이에 놓고 구좌를 설치한 것을 나타낸다.

시편은 가압판의 중앙에 중심이 기울지 않도록 설치한다. 이때 가압판과 시편 측면이 평행하고 균일하게 접촉되도록 하여 시험을 실시하였다. 하중변위속도는 0.2mm/min으로 하여 시편이 파괴될 때까지 시험기가 표시하는 최대 하중을 유효숫자 3자리까지 읽었다. 하중은 시편이 최대하중이후 감소하여 일정하게 유지되는 시점에서 멈추었다.

4.3.3 휨시험방법

그림 4.5는 휨시험을 하기위해서 시편을 설치한 것을 보여준다. 휨시험을 하기위해서 3점하중을 가하였다.

먼저 200mm의 길이의 시료 양쪽 끝단 2mm지점에 지점을 받치고 중심점에 하중을 가하여 시험을 실시하였다.

4.3.4 비중시험방법

비중은 KS F 2518에 의거하여 가비중 시험을 실시하였으며, 무게는 디지털 천평을 사용하여 0.01g의 정밀도로 측정하였고, 외형 체적은 디지털 캘리퍼스로 0.01mm의 정밀도로 길이를 측정한 뒤 유효숫자 3자리에서 반올림하였다. 일부 시료에서 시료제작상 약간의 흠이 발생하였으나 측정 오차 범위를 넘지않아 무시하였다.

4.3.5 흡수율시험방법

흡수율 시험은 KS F 2518에 의거하여 105±2℃에서 24시간 건조시킨 후의 무게와 20±5℃에서 48시간 침수시킨 후의 무게를 측정하여 0.1g의 정밀도로 구하였다.



그림 4.3 일축압축시험 모습

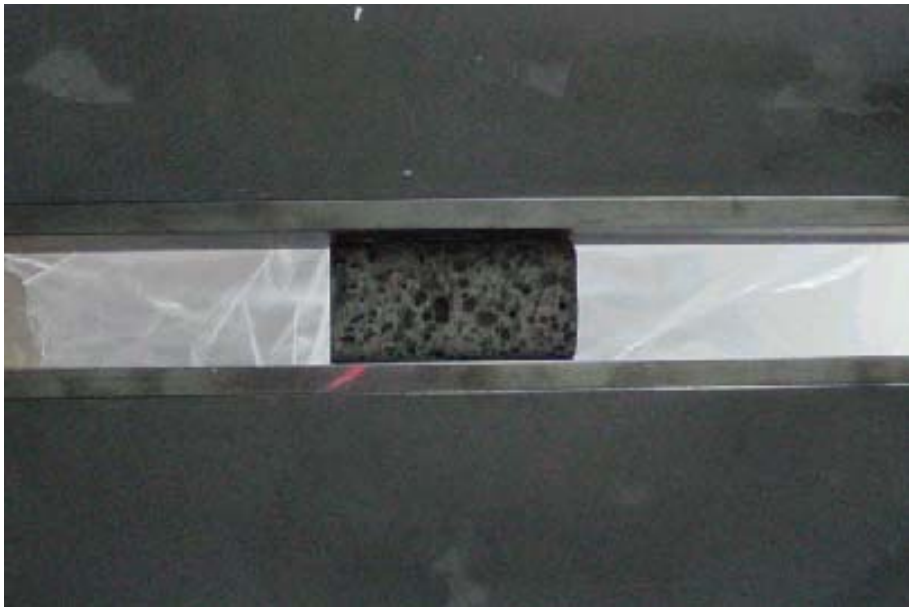


그림 4.4 압열인장시험 모습



그림 4.5 휨시험 모습



그림 4.6 비중 및 흡수율시험 모습

제 5 장 시험 결과 및 고찰

5.1 일축압축시험결과

5.1.1 단면구속효과

일축압축시험결과 나타난 시료의 파괴 형상은 유공질 시료와 무공질 시료가 다소 차이는 있지만 대체적으로 가압관에 구속이 되는 상하면은 본래의 형상을 유지하며 가운데 부분으로 갈수록 파괴가 심해지는 형태로 나타난다. 이것은 단면구속효과 또는 단면효과(end effect)에 의한 현상으로 이해된다. 단면구속효과 또는 단면효과(end effect)는 가압관과 시편사이 즉, 접촉면에서의 응력은 주변모서리(단면)에서보다 더 크며(그림 5.1) 가압관(철제)과 암석과의 탄성계수가 다르므로 시편의 단면은 구속되고(그림 5.2) 이 구속력은 전단력을 발생시켜 인장응력은 중앙부와 외곽부에 집중되는 것이다(그림 5.3).

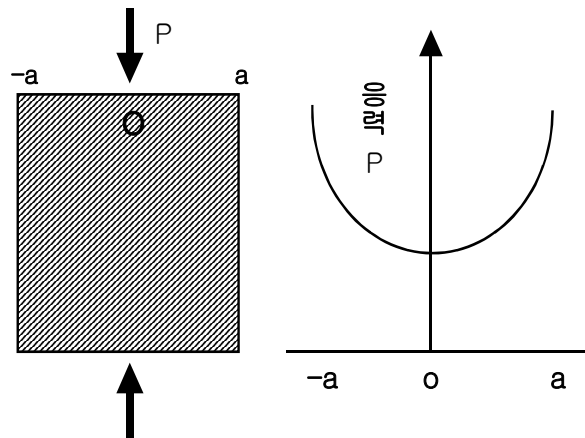


그림 5.1 상하단면에서의 압축응력분포(이부경, 1988)

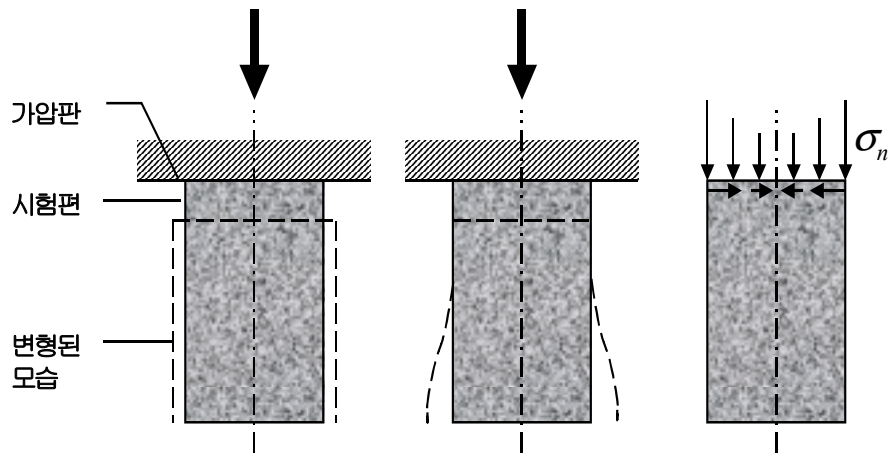


그림 5.2 단면구속효과(이부경, 1988)

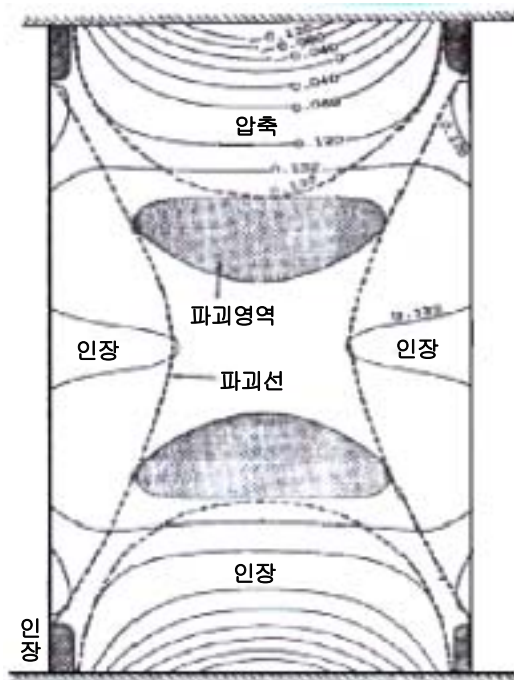


그림 5.3 시편내 응력의 분포현황(이부경, 1988)

5.1.2 유공질 시료의 파괴양상

본 시험에 사용된 시료는 유공질 현무암으로 제주도 남군 표선면 하천리 일대에서 채취하였다. 그림 5.4는 일축압축시험후의 시료의 형상이다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 시료는 공극이 많은 유공질 암석으로서 단면효과에 의하여 시료 가운데가 불룩하게 나오며 파괴가 일어난 것을 볼 수 있다. 또한 공극의 효과로 인하여 취성파괴가 일어나지 않고 연성파괴가 일어나며 최대압축하중 이후에도 완전히 파괴되지는 않았다.

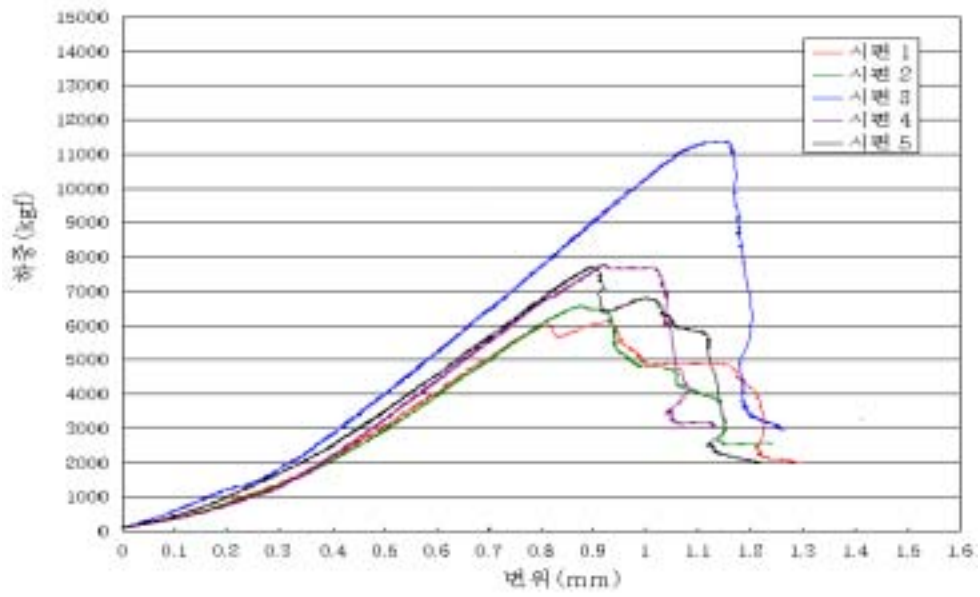
표 5.1 에는 하중을 응력으로 환산한 값을 나타내었다. 그리고 그림 5.5는 일축압축시험의 결과를 나타낸 값이다. 그림 5.5 에서 보면 하중이 서서히 증가하다가 최대하중에 도달한 후 하중에 의한 지지력을 완전히 상실하는 것이 아니고 순간적인 파괴현상을 피하여 암석의 저항력을 저하시키면서 변형을 계속하는 것을 볼 수 있다. 변형이 진행됨에 따라 그래프의 경사는 작아지다가 하중증가율이 0에 접근하면서 결국 변형은 무한히 증대된다. 이는 암석의 잔류강도가 존재하여 발생하는 현상이다.

표 5.1 유공질 시료의 최대압축강도

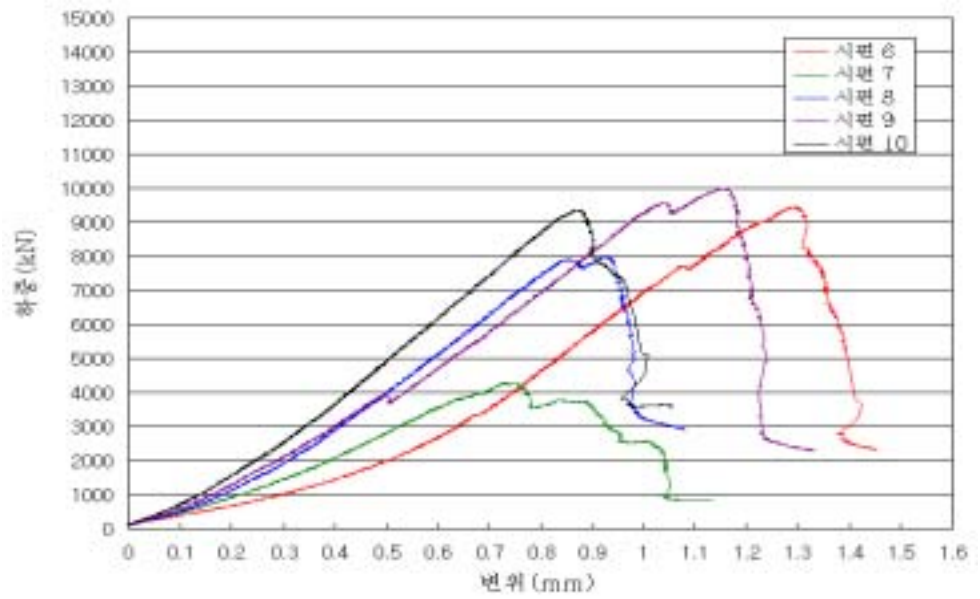
구 분	시편 1	시편 2	시편 3	시편 4	시편 5
최대하중 (<i>kgf</i>)	6,125	6,572	11,388	7,770	7,717
최대응력 (<i>kgf/cm²</i>)	312	335	580	396	393
구 분	시편 6	시편 7	시편 8	시편 9	시편 10
최대하중 (<i>kgf</i>)	9,465	4,275	7,976	9,995	9,358
최대응력 (<i>kgf/cm²</i>)	483	218	407	510	477



그림 5.4. 유공질 시료의 일축압축시험후 형상



(a) 시료 1 ~ 시료 5



(b) 시료 6 ~ 시료 10

그림 5.5 유공질 시료의 일축압축시험결과

5.1.3 무공질 시료의 파괴양상

본 시험에 사용된 시료는 무공질 현무암으로 제주도 서귀포시 중문동 일대에서 채취하였다. 그림 5.6은 일축압축시험후의 시료의 형상이다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 시료는 공극을 거의 볼 수 없는 무공질 암석으로서 그 파괴형상은 시료의 중심축과 45° 경사진 방향으로 발생하며 유공질 시료와는 달리 시료가 파단되는 것을 볼 수 있다.

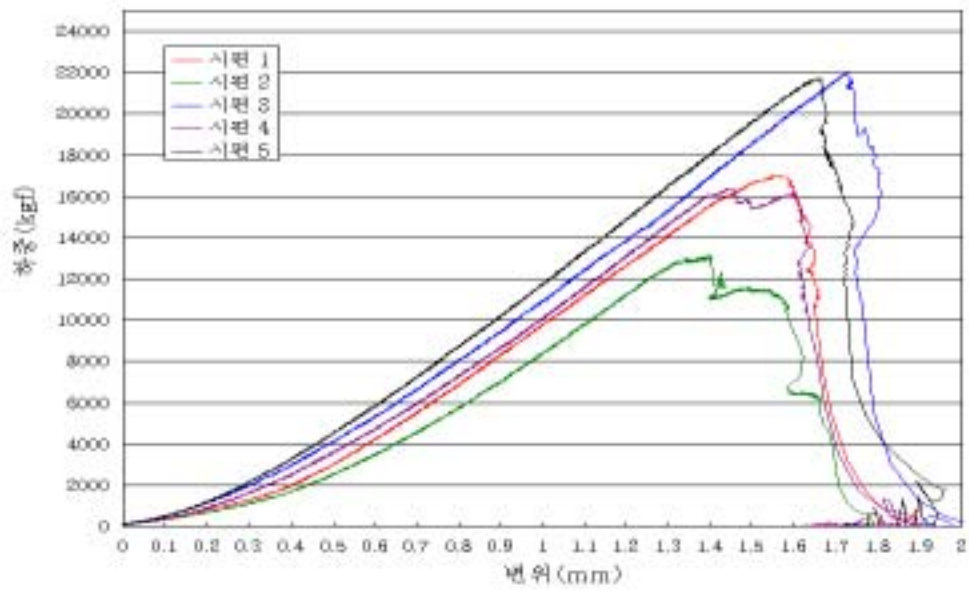
표 5.2에는 무공질 시료의 최대하중을 응력으로 환산한 값을 나타내었다. 그리고 그림 5.7은 일축압축시험결과를 나타낸 값이다. 무공질 시료의 결과를 보면 최대하중이 유공질 시료의 2배 정도 높은 것으로 나타나며 비교적 일정한 값을 보인다. 공극이 없기 때문에 균일한 하중-변위 분포가 나타나는 것이다. 또한 유공질 시료에서 볼 수 있었던 잔류응력은 파단이 되기 때문에 나타나지 않는 것을 볼 수 있다. 즉, 파괴전 영구 변형률이 발생되지 않고 힘을 받은 후 에너지를 저장한 후 파괴시에 급격히 방출하여 파단되는 취성파괴가 발생하는 것이다.

표 5.2 무공질 시료의 최대압축강도

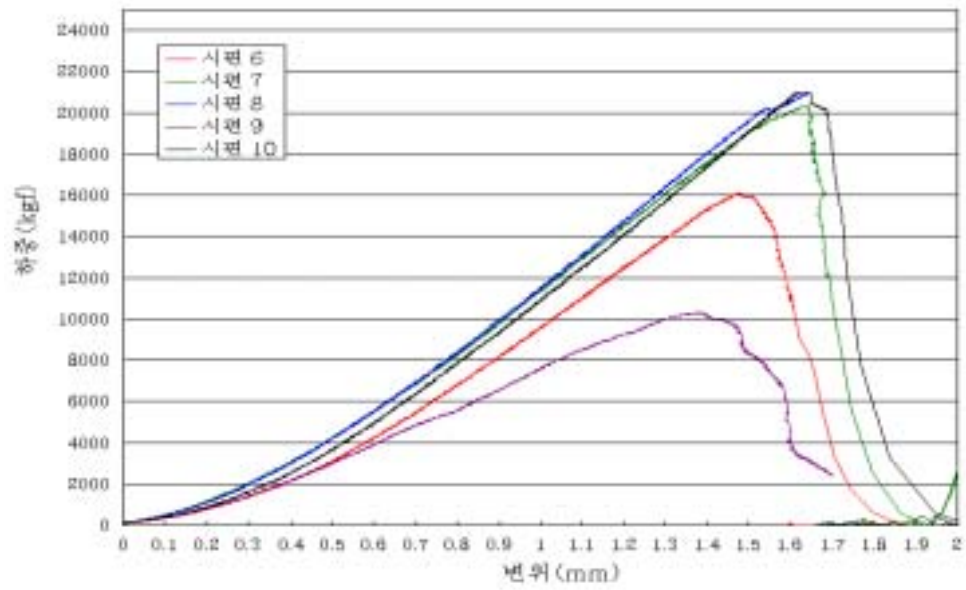
구 분	시편 1	시편 2	시편 3	시편 4	시편 5
최대하중 (<i>kgf</i>)	17,006	13,110	21,981	16,373	21,715
최대응력 (<i>kgf/cm²</i>)	866	668	1,119	834	1,106
구 분	시편 6	시편 7	시편 8	시편 9	시편 10
최대하중 (<i>kgf</i>)	16,088	20,314	20,962	10,290	20,958
최대응력 (<i>kgf/cm²</i>)	819	1,035	1,067	524	1,067



그림 5.6 무공질 시료의 일축압축시험후 형상



(a) 시료 1 ~ 시료 5



(b) 시료 6 ~ 시료 10

그림 5.7 무공질 시료의 일축압축시험결과

5.2 압열인장시험결과

5.2.1 유공질 시료의 파괴양상

본 시험에 사용된 시료는 유공질 현무암으로 제주도 남군 표선면 하천리 일대에서 채취하였다. 그림 5.8은 압열인장시험후의 시료의 파괴형상이다. 파괴가 진행되는 방향은 공극의 상태에 따라 다르게 나타나며 하중이 가장 잘 전달되기 쉬운 방향으로 나타난다. 일반적으로 중앙부를 중심으로 수직, 수평 양방향으로 파괴가 발생하였다. 또한 일축압축시험에서와 같이 취성파괴가 일어나지 않고 연성파괴가 일어나며 최대압축하중 이후에도 완전히 파괴되지는 않았다.

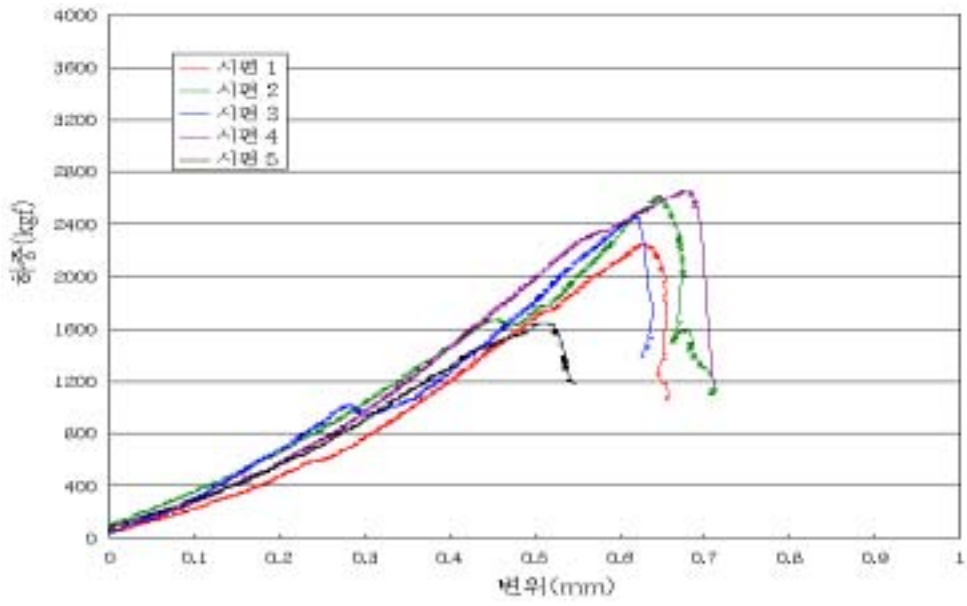
표 5.3에는 유공질 시료의 최대인장하중을 응력으로 환산한 값을 나타내었다. 그리고 그림 5.9는 압열인장시험결과를 나타낸 값이다. 압열인장시험에서도 일축압축시험에서 볼 수 있는 잔류강도를 관찰할 수 있으나 최대인장하중은 압축하중의 1/10정도로 현저히 낮게 나타난다.

표 5.3 유공질 시료의 최대인장강도

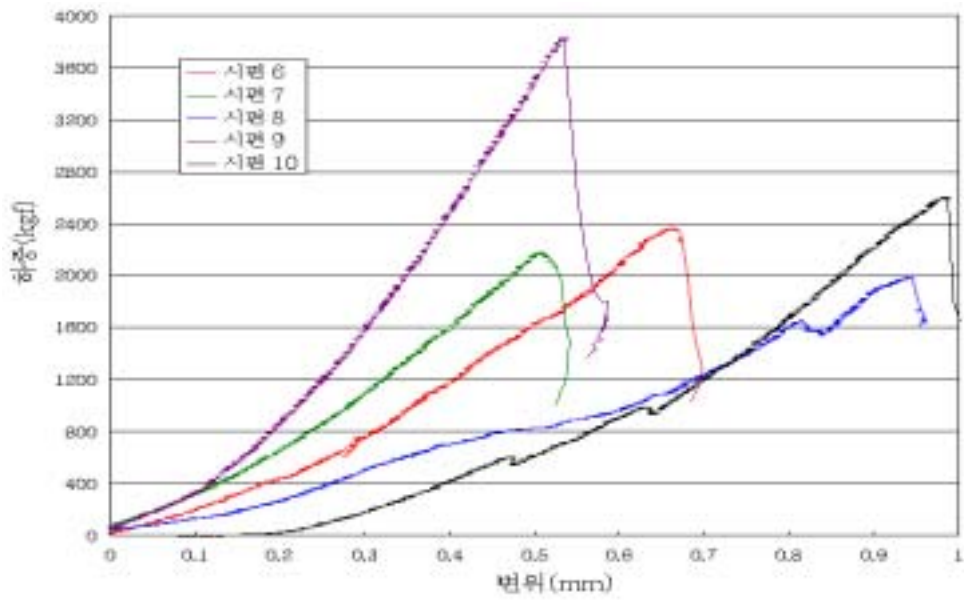
구 분	시편 1	시편 2	시편 3	시편 4	시편 5
최대하중 (<i>kgf</i>)	2,249	2,622	2,463	2,657	1,643
최대응력 (<i>kgf/cm²</i>)	29	33	31	34	21
구 분	시편 6	시편 7	시편 8	시편 9	시편 10
최대하중 (<i>kgf</i>)	2,365	2,176	2,710	3,827	2,608
최대응력 (<i>kgf/cm²</i>)	30	28	35	49	33



그림 5.8 유공질 시료의 압열인장시험후 형상



(a) 시료 1 ~ 시료 5



(b) 시료 6 ~ 시료 10

그림 5.9 유공질 시료의 압열인장시험결과

5.2.2 무공질 시료의 파괴양상

본 시험에 사용된 시료는 무공질 현무암으로 제주도 서귀포시 중문동 일대에서 채취하였다. 그림 5.10은 압열인장시험후의 시료의 형상이다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 유공질 시료와는 달리 수직방향으로만 파괴가 발생하며 중심축에는 박편이 생겨 떨어져 나간 것을 볼 수 있다.

표 5.4에는 무공질 시료의 최대인장하중을 응력으로 환산한 값을 나타내었다. 그리고 그림 5.11은 압열인장시험결과를 나타낸 값이다.

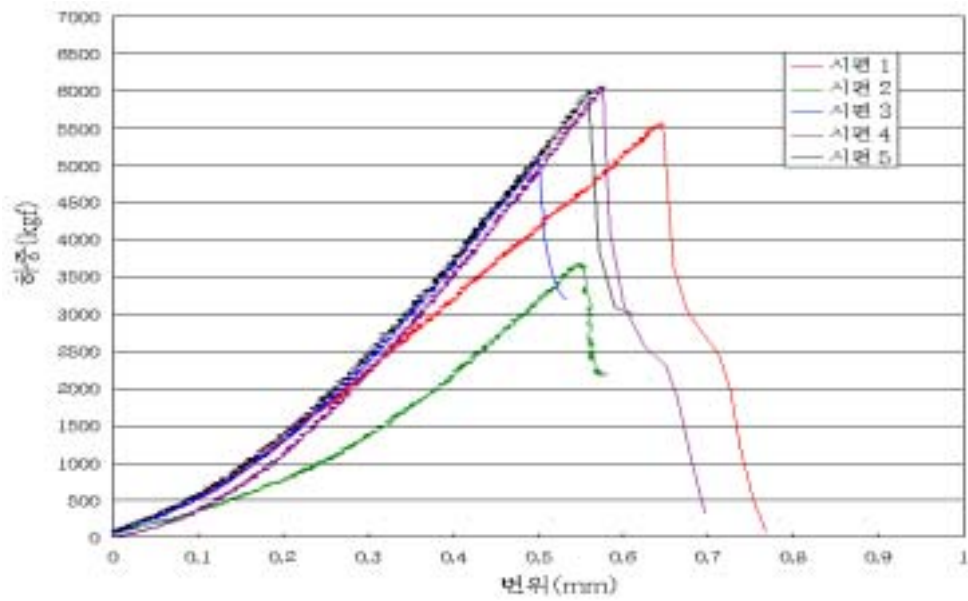
무공질 시료의 결과를 보면 최대하중이 유공질 암석의 2배 정도 높은 것으로 나타나며 하중의 증가율도 일정하게 나타난다.

표 5.4 무공질 시료의 최대인장강도

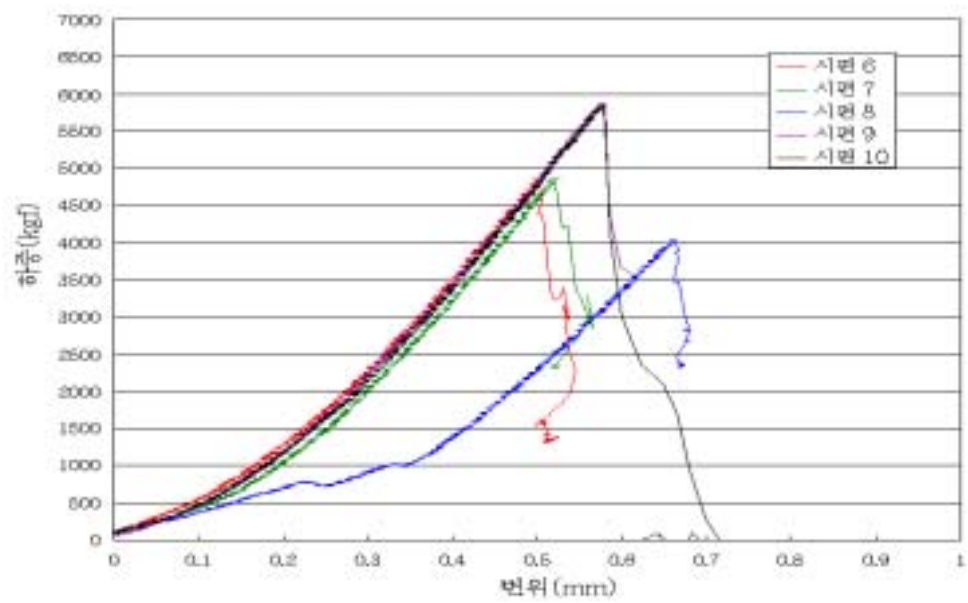
구 분	시편 1	시편 2	시편 3	시편 4	시편 5
최대하중 (<i>kgf</i>)	5,574	3,677	5,088	6,060	5,994
최대응력 (<i>kgf/cm²</i>)	71	47	65	77	76
구 분	시편 6	시편 7	시편 8	시편 9	시편 10
최대하중 (<i>kgf</i>)	4,854	4,858	4,026	5,866	5,858
최대응력 (<i>kgf/cm²</i>)	62	62	51	75	75



그림 5.10 무공질 시료의 압열인장시험후 형상



(a) 시료 1 ~ 시료 5



(b) 시료 6 ~ 시료 10

그림 5.11 무공질 시료의 압열인장시험결과

5.3 휨시험결과

5.3.1 유공질 시료의 파괴양상

본 시험에 사용된 시료는 유공질 현무암으로 제주도 남군 남원읍 한남리 일대에서 채취하였다. 그림 5.12는 휨시험후의 시료의 파괴형상이다. 휨시험은 시료의 파괴형상에는 공극의 영향이 거의 나타나지 않고 무공질 시료와 같이 중앙부에서 파단되었다.

표 5.5에는 유공질 시료의 최대휨하중을 응력으로 환산한 값을 나타내었다. 최대휨응력값이 공극의 영향으로 인해 많은 편차를 보이고 있다.

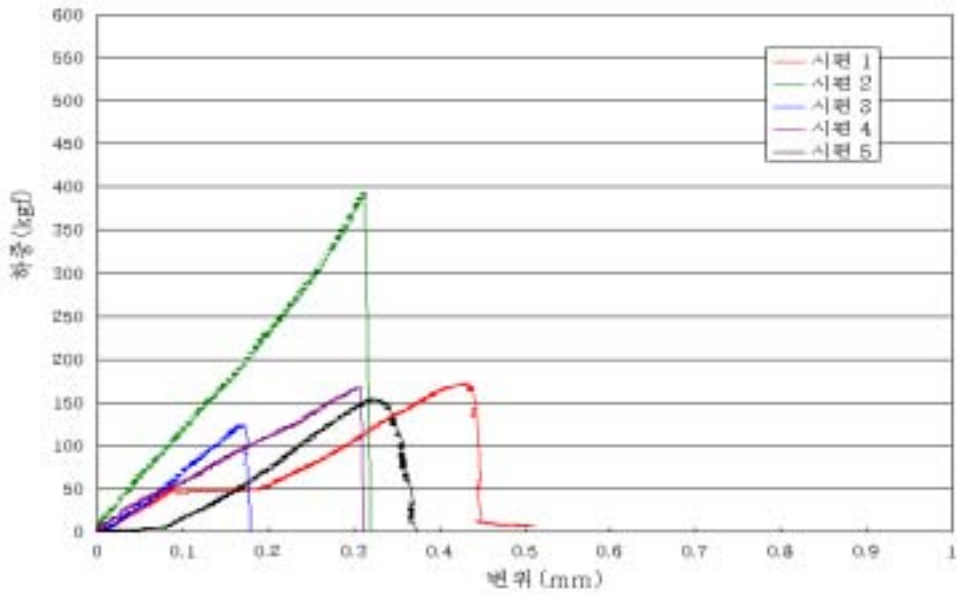
그림 5.13은 휨시험결과를 나타낸 값이다. 선형 거동을 하지만 시료별 최대하중의 값이 상당한 차이를 보인다.

표 5.5 유공질 시료의 최대휨강도

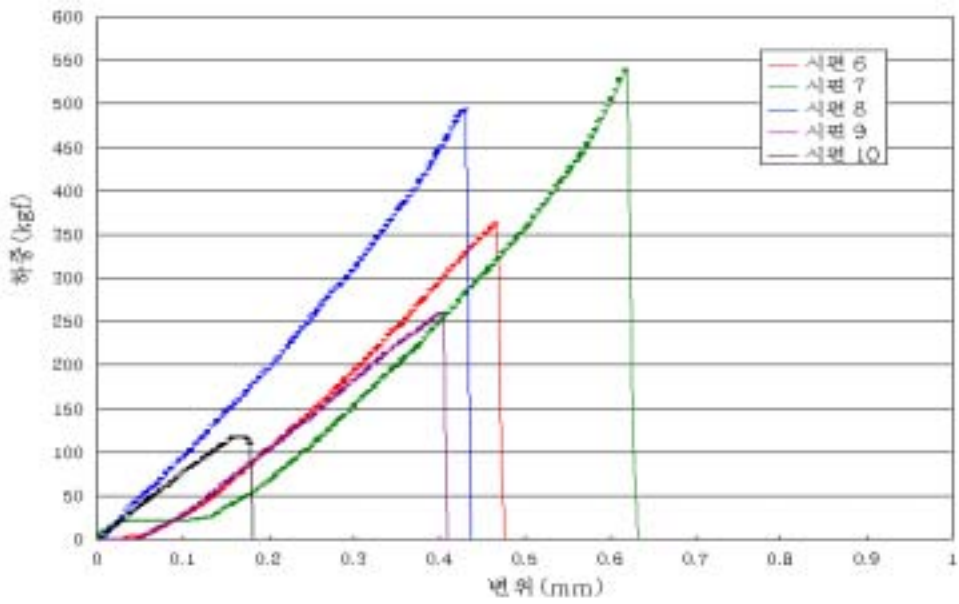
구 분	시편 1	시편 2	시편 3	시편 4	시편 5
최대하중 (<i>kgf</i>)	172	393	124	168	154
최대응력 (<i>kgf/cm²</i>)	41	94	30	40	37
구 분	시편 6	시편 7	시편 8	시편 9	시편 10
최대하중 (<i>kgf</i>)	364	540	494	261	119
최대응력 (<i>kgf/cm²</i>)	87	120	119	63	28



그림 5.12 유공질 시료의 휨시험후 형상



(a) 시료 1 ~ 시료 5



(b) 시료 6 ~ 시료 10

그림 5.13 유공질 시료의 휨시험결과

5.3.2 무공질 시료의 파괴양상

본 시험에 사용된 시료는 무공질 현무암으로 제주도 북군 조천읍 북촌리 일대에서 채취하였다. 그림 5.14는 휨시험후의 시료의 파괴형상이다. 휨시험은 시료의 파괴형상에 공극의 영향이 거의 나타나지 않고 중앙부에서 선형을 이루며 파단되었다.

표 5.6에는 무공질 시료의 최대휨하중을 응력으로 환산한 값을 나타내었다. 휨시험과 압열인장시험의 값을 비교하였을 때 휨시험의 최대응력값이 인장시험의 2배 정도 되는 것을 볼 수 있다.

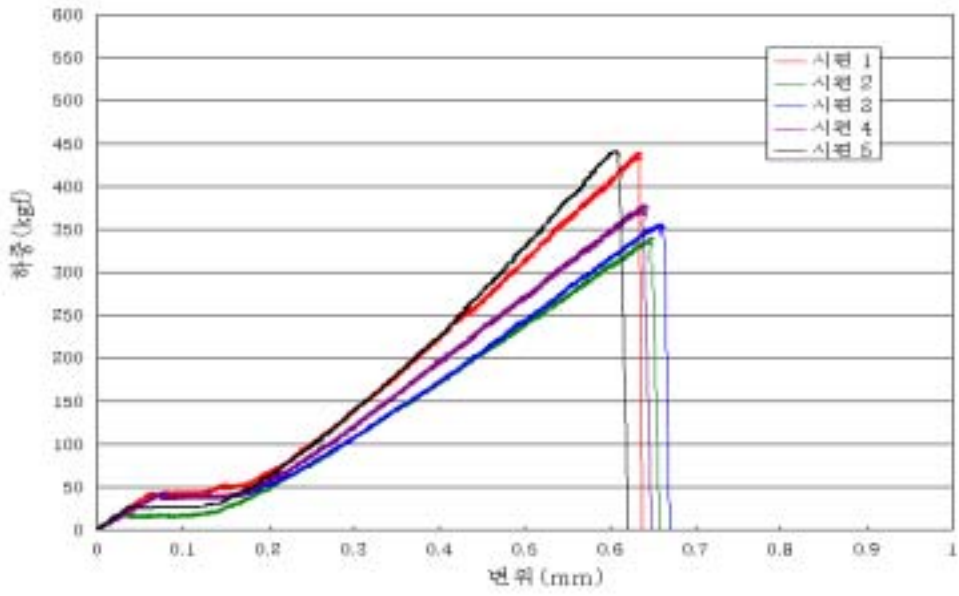
그림 5.13은 휨시험결과를 나타낸 값이다. 다른 시험결과에 비해 가장 정형화된 값을 나타내는데 이것은 확실한 파단효과가 잔류응력을 없애므로 발생하는 현상으로 판단된다.

표 5.6 무공질 시료의 최대휨강도

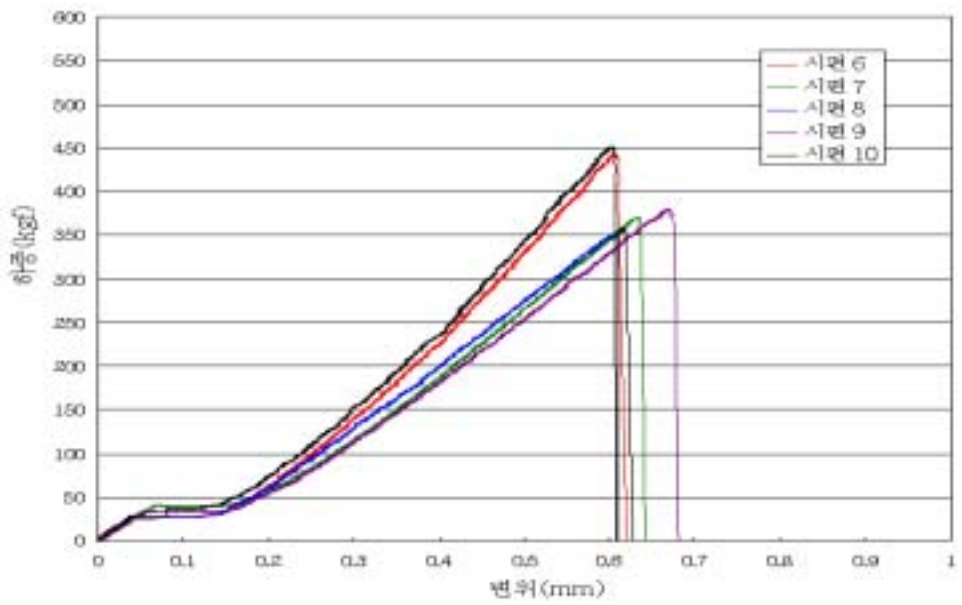
구 분	시편 1	시편 2	시편 3	시편 4	시편 5
최대하중 (<i>kgf</i>)	440	341	356	379	442
최대응력 (<i>kgf/cm²</i>)	106	82	86	91	106
구 분	시편 6	시편 7	시편 8	시편 9	시편 10
최대하중 (<i>kgf</i>)	442	371	358	380	358
최대응력 (<i>kgf/cm²</i>)	106	89	86	91	86



그림 5.14 무공질 시료의 휨시험후 형상



(b) 시료 1 ~ 시료 5



(b) 시료 6 ~ 시료 10

그림 5.15 무공질 시료의 휨시험결과

5.4 비중 및 흡수율시험 결과

일반적으로 암석은 흡수율이 증가하면 암석의 강도는 저하되는데 이는 풍화가 진행될수록 공극대가 많아져서 흡수율은 증가하나 풍화로 인한 강도는 저하되기 때문이다. 또한 비중과 흡수율의 관계는 비중이 클수록 흡수율은 작아지는 경향을 나타낸다.

본 시험에 사용된 제주도 현무암의 비중 및 흡수율의 시험결과를 살펴보면 무공질 시료와 유공질 시료의 비중-흡수율-압축강도의 상관 관계가 잘 나타나는데 유공질 시료의 경우 비중이 2.298~2.528을 나타내고 흡수율은 1.4%~2.6%으로 나타난 반면 무공질 시료는 비중이 2.619~2.823으로 유공질 시료보다 0.4정도가 높게 나타나고 있으며 따라서 흡수율의 값도 0.8%~1.3%으로 유공질 시료보다 0.6정도가 낮은 반비례의 관계를 보여주고 있다. 표 5.7에는 비중 및 흡수율 시험결과를 나타냈다.

표 5.7 비중 및 흡수율 시험결과

시료번호	비중	흡수율 (%)	시료번호	비중	흡수율 (%)
유	시료 1	2.491	무	시료 1	2.771
	시료 2	2.389		시료 2	2.817
	시료 3	2.500		시료 3	2.822
	시료 4	2.299		시료 4	2.823
공	시료 5	2.298	공	시료 5	2.747
	시료 6	2.481		시료 6	2.766
	시료 7	2.433		시료 7	2.780
	시료 8	2.524		시료 8	2.795
질	시료 9	2.528	질	시료 9	2.784
	시료 10	2.499		시료 10	2.619

5.5 고찰

5.5.1 시험 결과의 고찰

표 5.8은 본 연구에서 시험한 일축압축시험, 압열인장시험, 휨시험 및 비중시험, 흡수율시험을 종합한 것이다. 이중 일축압축시험과 비중 및 흡수율시험은 같은 시료를 사용한 것으로 비중-흡수율-압축강도의 상관관계를 결과를 잘 알 수 있다. 즉 5.4절에서 언급한 바와 같이 비중이 클수록 흡수율은 낮으며 압축강도는 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

또한 유공질과 무공질 시료 모두 압축강도는 상당히 높게 나타난 반면 인장강도와 휨강도는 현저히 낮게 나타난다.

표 5.8 유공질 및 무공질 시료 시험결과

구 분	유공질			무공질		
	평균값	표준 편차	범 위	평균값	표준 편차	범 위
압축강도 (kgf/cm^2)	411	100.6	312~510	910	192.5	524~1,119
인장강도 (kgf/cm^2)	32	6.7	21~49	66	10.1	47~77
휨 강 도 (kgf/cm^2)	66	34.4	30~120	84	8.9	82~106
비 중	2.444	0.083	2.298~ 2.528	2.772	0.0561	2.619~ 2.823
흡 수 율(%)	2.0	0.34	1.4~2.6	1.1	0.019	0.8~1.5

5.5.2 국내 화강암과 제주도 현무암의 고찰

화강암은 화성암 중에서 용융상태의 마그마가 지하 깊은곳에서 고압에 의하여 서서히 냉각되어 암석화된 것으로 국내에 가장 많이 분포되어 있는 암석이다. 화강암은 조립결정으로 구성되어 있어 강도가 비교적 크고 절리가 발달되어 있어 균열에 의한 역학적 성질 및 풍화의 정도에 의한 강도의 차이가 비교적 크게 나타나는 암석이다.

화강암의 압축강도는 $1,510\sim 2,070 \text{ kgf/cm}^2$ 로 유공질 현무암의 약 4~5배, 무공질 현무암의 2~3배로 상대적으로 크고, 인장강도는 $73\sim 146 \text{ kgf/cm}^2$ 으로 유공질 현무암의 3배, 무공질 현무암의 2배정도인 것으로 나타났다. 화강암의 인장강도와 압축강도의 비는 $1/10\sim 1/30$ 정도로 일반 암석의 비와 동일한 것으로 분석되었다.

비중과 흡수율에서는 비중은 $2.49\sim 2.67$ 로 유공질 현무암 보다는 약 6~8% 크지만 무공질 현무암과는 큰 차이가 없는 것으로 분석되고, 흡수율은 $0.15\%\sim 0.718\%$ 로 현무암에 비하여 $1/5\sim 1/9$ 로 매우 작은 것으로 나타났다. 표 5.9는 국내 각 지역별 화강암의 물리적, 역학적 성질을 나타낸 것이다.

표 5.9 각 지역별 화강암의 물리적 성질(대한광업진흥공사, 1989)

지 역	산 지	압축강도 (kg/cm ²)	인장강도 (kg/cm ²)	휨강도 (kg/cm ²)	비 중	흡수율 (%)
경기 지역	포 천	1,760	85	-	2.58	0.370
	강 화	1,720	100	-	2.61	0.300
강원 지역	영 월	1,850	150	-	2.69	0.33
	원 주	1,900	140	-	2.62	0.32
충청 지역	온 양	1,840	105	-	2.62	0.22
	논 산	1,730	89	-	2.67	0.21
경상 지역	문 경	1,800	120	-	2.58	0.39
	거 창	1,780	100	-	2.62	0.35
전라 지역	진 안	1,900	80	-	2.59	0.30
	익 산	1,780	80	-	2.63	0.29

5.5.3 제주도 현무암의 기존자료에 대한 고찰

제주도 현무암의 기존 자료를 조사한 결과 압축강도는 673~3,000 kgf/cm²로 시험결과 312~1,119 kgf/cm²에 비하여 2배이상 크게 나타나며, 인장강도는 100~300 kgf/cm²으로 시험결과 21~77 kgf/cm²에 비하여 매우 크게 나타나고, 비중은 2.07~2.7로 시험결과 2.298~2.823과 거의 동일하며, 흡수율은 1.76%~3.94%로 시험결과 0.8%~2.6%과 매우 상이하게 나타나는 것으로 분석되었다.

표 5.10 제주도 현무암의 기존 자료

참고문헌명	작성 년도	압축 강도 (kgf/cm ²)	인장 강도 (kgf/cm ²)	휨강도 (kgf/cm ²)	비 중	흡수율 (%)
건설교통부 기술지침서 암석과 암반	1986	1,500 ~ 3,000	100 ~ 300	-	-	-
대한광업진흥공사 석골재자원 시험분석표	2002	960 ~ 1,140	70 ~ 72	-	2.07 ~ 2.55	1.77 ~ 2.98
제주도 남원읍 일대 환경영향평가 보고서	1999	759 ~ 1,778	-	-	2.42 ~ 2.70	1.76 ~ 3.94
광령~애월 삼거리간 도로확장 및 포장공사 종합보고서	2002	673 ~ 1,091	-	-	2.67 ~ 2.68	-
성산~표선간 도로확장 및 포장공사 종합보고서	1996	-	-	-	2.507 ~ 2.655	2.196
안덕~대정간 도로확장 및 포장공사 종합보고서	2000	-	-	-	2.553 ~ 2.648	2.104 ~ 2.191
제주시국도 우회도로 (구엄~노형)건설공사 종합보고서	2000	-	-	-	2.668	1.923

제 6 장 결 론

본 연구에서는 제주도 현무암을 이용하여 일축압축시험, 압열인장시험, 휨시험 및 비중시험과 흡수율시험을 실시하고 그 결과와 국내의 화강암 및 제주도 타 지역과 비교하여 다음과 같은 결론을 얻을수 있었다.

1. 압축강도시험 결과 무공질 시료가 유공질 시료보다 2배 정도의 강도를 나타내고 파괴형태는 유공질 시료는 중앙부가 파괴되는 연성파괴와 잔류응력 현상이 나타나며 무공질 시료는 중심측 기준 45도로 취성파괴되었다. 인장강도는 압축강도의 7~10% 정도이며 수직, 수평 방향의 파괴형태를 보이고, 휨강도는 강도 분포폭이 비교적 크고 인장강도에 대한 비율이 2배정도로 일반 암석에 비하여 상대적으로 작으며 잔류응력이 급격히 파괴되는 취성파괴 형태를 나타냈다.

2. 비중시험에서 유공질 시료는 2.298~2.528인 것에 비해 무공질 시료는 2.619~2.823으로 약 12% 정도 높게 나타나고, 흡수율 시험에서 유공질 시료 1.4~2.6에 비해 무공질시료의 흡수율은 0.8~1.5로 약 40%정도 낮게 나타나 공극의 정도에 따라 비중 및 흡수율의 차이가 매우 큰 것으로 나타났다.

3. 제주도 현무암은 국내 화강암에 비해 강도는 1/2~1/5로 비교적 작고, 비중은 5%정도 크며, 흡수율은 5~9배로 매우 높은 것으로 나타났다.

이것은 구성물질과 생성과정에 의한 공극의 영향으로 강도는 저하되고 흡수율은 높은 것으로 판단된다. 또한, 비중이 화강암에 비해 큰 것으로 보아 화강암보다 조밀한 구조로 판단된다.

4. 기존 현무암에 대한 자료가 매우 미비하여 상대적인 비교 분석은 곤란하나, 입수한 자료에 의해 상대평가만 시행한 결과, 기존자료에 대해 압축강도는 1/2배, 인장강도는 1/4~1/5 정도로 매우 작게 분석되었으며, 비중은 2.07~2.7로 시험결과와 거의 동일하나 흡수율은 1.76%~3.94%로 시험결과 0.8%~2.6%과 크게 상이한 것으로 나타났다. 이것은 현무암의 특징인 공극의 정도에 의하여 강도나 흡수율이 크게 차이가 나는 것으로 판단된다.

5. 제주도 현무암의 연구결과 지표에서 고결되면서 생긴 공극에 의하여 시료별 강도 및 물리적 성질이 비교적 큰 차이를 보이는 것으로 나타나므로, 화강암과 비교할 때 암석의 구분상 암석종류는 1단계 하향 강도를 적용하고, 현무암의 자료 적용시 매우 유의해야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Deere, D. U. and Miller, R. P., "Engineering classification and index properties for intact rock", *Technical Report No. AFNL-TR-65-116 Air Force Weapons Laboratory*, New Mexico, 1966
2. 윤지선, "암석 · 암반의 조사와 시험", (사단법인)일본토질공학회 *편*, p. 483~492, p 515~520, 1991.
3. Lee, M. W., "Petrology and Geochemistry of Jeju Volcanic Island, Korea", *The Science Report of the Thohoku Univ.*, Series III. X V (2), p. 177~256, 1982.
4. Smorodinov, M. I., Motovilov, E. A. and Volkov, Voa., "Determination of Correlation relationships between strength and physical characteristics of rock", *Proc. 2nd Congr. ISRM*, Vol. 2, p. 35~37. 1970.
5. Hobbs, D.W., "A simple method for assessing the uniaxial compressive strength of rock", *International Journal of Mechanics and Mining Science*, Vol. 1, Jan. 1964.
6. 박철환, "암석의 인장변형특성에 관한 연구", p. 53~54, 1988.
7. Broea, B., "Elementry engineering fracture mechanics", 3nd ed., *Martinus Nijhoff Pub*, 1982.
8. 서울대학교 공과대학 자원공학과 암석역학 연구실, "암석역학 실험", p. 10~47, 1986.
9. American Society for Testing and materials, "Standard Test Method for Compressive Strength of Natural Building stone",

- 1985.
10. 이정인, 이희근, 유창하, 양형석, “우리나라에 분포한, 주요 암석류의 역학적 특성 연구”, **대한 광산학회지 Vol. 19., V. 20.**
 11. 이부경, “암석역학의 원리”, p. 240~271, 1988.
 12. 대한광업진흥공사, “석재자원 특성 조사 보고”, Vol. I., p. 16~46, 1989.
 13. 김태운, 김명균, “국내산 화강암종 석재의 물리적 및 지구화학적 특성에 관한 연구”, **한국자원공학회지 Vol. 29.,** p.287~298, 1992.
 14. 박길천, “석재용 화강암류의 판별기준에 대한 연구”, 서울대학교 박사학위논문, 1996.
 15. 장기남, “암석의 인장강도에 관한 연구”, 서울대학교 석사학위논문, 1980.
 16. 정호준, “제주도에 분포하는 화산암의 물리적 특성”, 서울대학교 석사학위논문, 1993.
 17. 농업진흥공사, “제주도 지하수 개발 보고서”, 1972~1989.
 18. 민경덕, 원종선, 황석연, “제주도에 분포하는 화산암류 및 퇴적암류에 대한 고지자기 연구”, **광산지질학회지 19,** p. 153~163, 1986.
 19. 원종관, “제주도 형성과정과 화산활동에 관한 연구”, **건대 부설 응용과학 연구소 이학논집,** p. 98~102, 1975.
 20. 박준범, 권성택, “제주도 화산암류의 암석학 및 지구화학”, **한국암석학회지,** p. 25~28, 1994
 20. 이문원, 원종관, 길영우, “제주도 동북사면에 분포하는 화산암류의 암석학적 연구”, **한국지구과학회지,** p. 45~49, 1998

기 호

S_c	:	일축압축강도
F	:	하중
d	:	시험편의 직경
S'_c	:	종횡비가 1인 시험편의 일축압축강도
S_t	:	압열인장강도
l	:	시험편의 두께
σ_r	:	집중선하중에 의한 응력
ρ	:	곡률반경
σ_{\max}	:	최대휨강도
E	:	탄성계수
ε	:	변형률
I	:	단면2차모멘트
W_s	:	암석중 광물입자만의 중량
W_w	:	시료와 동일한 체적의 물의 중량
G_s	:	진비중
G_b	:	가비중
w'	:	흡수율
W_1	:	강제 습윤 시료의 중량
W_2	:	강제 건조 시료의 중량

[ABSTRACT]

Study on the Mechanical Properties of Volcanic Rocks in Chejudo

Eum, Kwan Yong

Major in Civil Engineering

The Graduate School of Engineering

Yonsei University

Supervised by Prof. Kim, Moon Kyum

In this study, the mechanical properties of volcanic rocks in Cheju, which are used for basic geotechnical data on construction, are researched. In the sixty cores which are provided from four areas of Cheju, thirty of them are porous and the others are non-porous. Experiments such as uniaxial compressive test, Brazilian tensile test and bending test used by MTS 810, specific gravity test and water sorption test are performed.

From the results, it is shown that the compressive strength is very higher than tensile and bending strength. The value of water sorption is also higher than other rocks and which is due to the effect of porousness produced in the basalt's creating process.

As comparing the results of this study with those of basalt and granite in other areas, strength of the volcanic rocks in Cheju is

lower than that of granite and water sorption is higher. They are, however, almost identical those of basalt. The most important thing in this study is that the strength of non-porous cores is twice as that of porous cores at least and thus it should be considered in the future study on basalt.

From the series of tests, it is concluded that these results are useful for study on the mechanical properties of volcanic rocks in Cheju.

Key words : Chejedo, Volcanic rock, Basalt, Granite, uniaxial, compressive strength, Brazilain tensil strength, bending test, specific gravity, water sorption