

제주도 현무암의 압축 및 인장강도에 대한 영향요인 분석

남정만¹ · 윤중만² · 송영석^{3*} · 김준호¹

¹제주대학교 해양과학부, ²안산공과대학 건설계열

³한국지질자원연구원 지질환경재해연구부

Analysis of Influence Factors to Compressive and Tensile Strength of Basalt in Cheju Island

Jung-Man Nam¹, Jung-Mann Yun², Young-Suk Song^{3*}, and Jun-Ho Kim¹

¹Department of Civil and Environmental Engineering, Cheju National University

²Department of Civil Engineering, Ansan College of Technology

³Geological & Environ. Hazards Division, Korea Inst. of Geoscience and Mineral Res.

본 연구에서는 제주도 현무암의 압축강도와 인장강도에 영향을 미치는 요인을 조사하기 위하여 서귀포시 성산읍 일대의 표선리 현무암, 조면암질 현무암 및 스크리아 시료를 채취하고 각각에 대한 일축압축시험과 압열인장시험을 실시하였다. 특히 하중재하시 가압속도, 암석의 수분함량 및 암석의 이방성을 고려하여 시험을 실시하였다. 일축압축시험시 하중재하속도가 증가함에 따라 일축압축강도가 증가하며 일축압축강도의 증가정도는 암종에 따라 차이가 있음을 알 수 있다. 그리고 암석시료내 수분함량이 증가함에 따라 공극내 물의 영향으로 인하여 강도는 저하되었다. 암석시료의 강도이방성을 고려한 시험결과 층리면과 평행하게 파괴가 발생하는 경우가 일정한 경사를 가지고 파괴가 발생하는 경우보다 약 12-26%의 일축압축강도가 저하됨을 알 수 있다.

주요어 : 현무암, 압축강도, 인장강도, 재하속도, 함수비, 강도이방성

In order to investigate the influence factors to compressive and tensile strength of basalt in Cheju Island, rock samples of Pyosenri basalt, trachy-basalt and scoria were taken from Seoguipo-Si Seongsan-Eup area, and a series of uniaxial compressive strength test and Brazilian test were carried out. Especially, these tests were performed in consideration of the loading speed, the moisture content in rock sample, and the anisotropy of rock strength. The uniaxial compressive strength was increased gradually as the loading speed rose. The increasing quantity of uniaxial compressive strength had a difference in each rock types. Also, the strength was decreased with increasing the moisture contents in rock sample by pore water. As the result of test considering the anisotropy of rock strength, the compressive strength in condition of failure occurred parallel to stratified layer is decreased about 12-26% more than that in condition of failure occurred inclined to stratified layer.

Key words : basalt, compressive strength, tensile strength, loading speed, moisture content, strength anisotropy

서 론

제주도는 현무암과 같은 특수한 지질학적 조건을 가지고 있으므로 토목 및 건축공사 수행시 수많은 시행착오를 겪고 있다. 즉, 제주도에 주로 분포하고 있는 화산암인 현무암에 대한 역학적 특성에 대한 다양한 조사결

과가 요구되고 있다. 최근 들어 제주도 현무암의 공학적 특성에 대한 연구가 보고된 바 있으나(엄관용, 2002; 남정만 외, 2008), 제주도 현무암의 역학적 특성에 대한 영향요인과 관련된 연구는 미흡한 실정이다.

암석에 하중을 가하게 되면 변형이 발생되고 이는 응력-변형률 곡선으로 표시할 수 있다. 응력-변형률 곡선

*Corresponding author: yssong@kigam.re.kr

은 암석의 역학적 특성을 가장 잘 나타내고 있으나 분석과정이 복잡하고 직접 이용하여 특성을 비교하기 어려우므로 강도, 탄성계수 등과 같이 단순화하여 사용하는 것이 필요하다. 암석의 강도는 일반적으로 압축강도, 인장강도, 휨강도 등으로 구분할 수 있으며, 압축강도의 경우 시험방법에 따라 일축압축강도와 삼축압축강도로 분류할 수 있다.

암석은 단일재료로 구성된 것이 아니라 각종 광물의 혼합물이며, 구성광물의 특성에 따라 그 성질에 영향을 주는 복합재료이다. 다양한 연구결과에 따르면 자연상태에서의 암석에 대한 특성은 지질시대를 거치면서 내외 부적으로 크고 작은 영향을 받는 것으로 나타났다(Kranz, 1979; Reyes and Einstein, 1991). 즉, 암석을 구성하고 있는 입자의 배열상태, 방향성과 같은 구조, 암석내부에 존재하는 미세균열의 분포형태 등은 암석의 물리적 및 역학적 특성을 나타내는 중요한 인자로 보고된 바 있다(Kranz, 1979; 박형동, 1995; 이상은 등, 1999, 원연호 등, 2004; 정형래와 김종우, 2006). 암석의 역학적 특성 가운데 가장 중요한 인자로는 압축강도와 인장강도를 들 수 있다.

따라서 본 연구에서는 제주도 현무암에 대한 압축강도와 인장강도를 조사하고 이에 영향을 미치는 요인을 조사분석하고자 한다. 이를 위하여 서귀포시 성산읍 일대에 대한 시추를 실시하여 표선리 현무암, 조면암질 현무암 및 스크리아 시료를 채취하였다. 이와 같이 채취된 시료를 대상으로 일축압축시험과 압열인장시험(Brazillian test)을 실시하였다. 암석의 강도에 영향을 미치는 요인을 조사하기 위하여 가압속도, 가압방향 및 습윤상태를 변화시켜 시험을 실시하였다. 이들 시험결과를 토대로 표선리 현무암, 조면암질 현무암 및 스크리아의 강도에 영향을 미치는 요소에 대하여 조사 및 분석하였다.

대상지역 및 지질

Fig. 1은 본 연구에서 이용된 제주도 현무암의 시료채취위치를 나타낸 것이다. Fig.에서 보는 바와 같이 시료채취지역은 제주특별자치도 서귀포시 성산읍 일원에 위치하고 있으며 해발표고는 90.21 m이다. 해안과의 직선거리는 약 3.4 km 정도이며, 북동쪽에 독자봉(EI. 159.3 m)과 통오름이 말발굽 형태로 발달되어 있다. 특히 연구지역 바로 북쪽에 미천굴이 용암동굴 형태로 분포하고 있다.

Fig. 2는 시료채취지역에 대한 지질도를 나타낸 것이

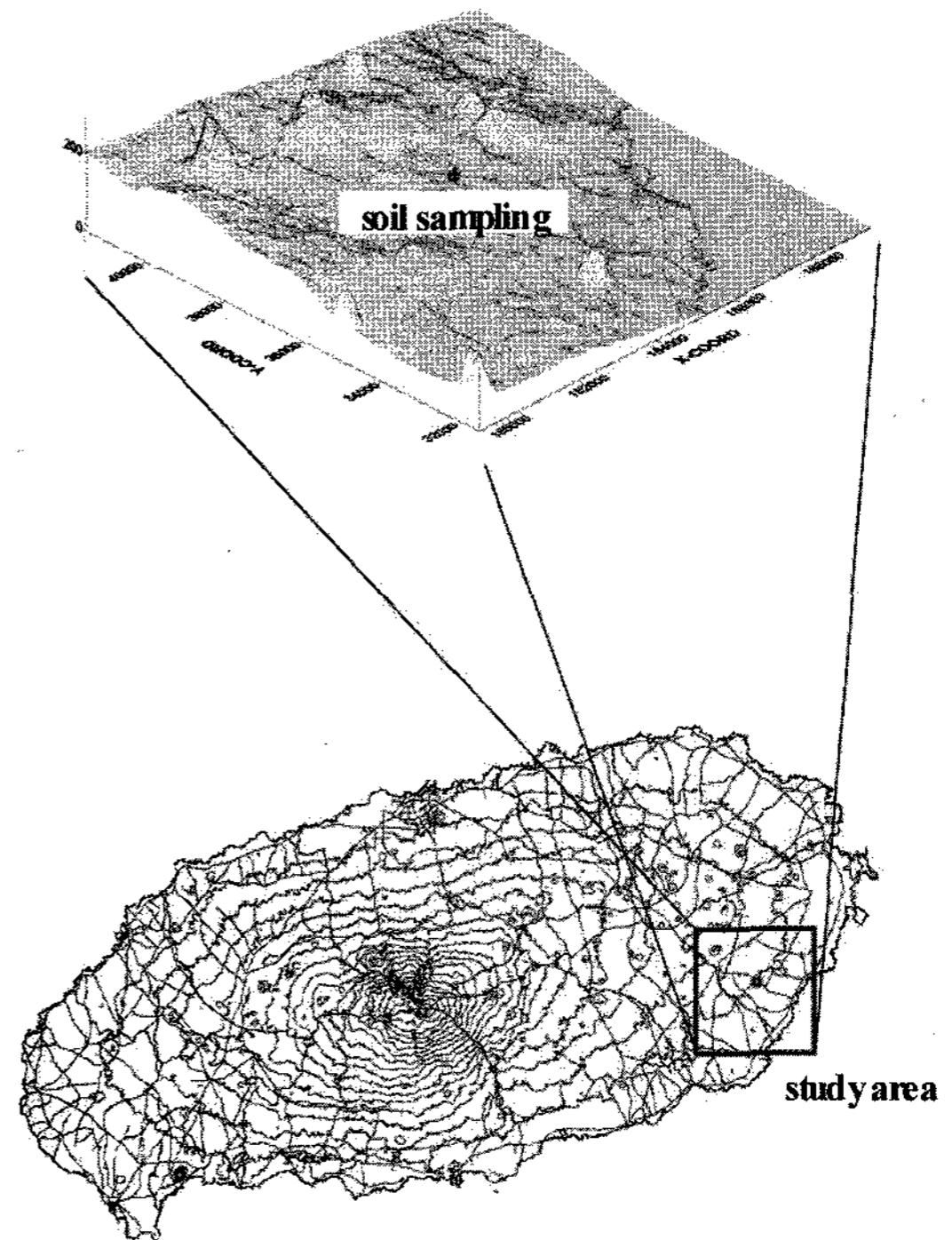


Fig. 1. Location map of the study area (Nam et al., 2008).

다. 시료채취지역의 지질은 밑에서부터 반상회석현무암과 장석현무암류가 분포하고 있으며, 이들 상부에 침상장석감람석현무암이 대부분 피복되어있는 것으로 나타나고 있다.

시료채취지역의 대부분을 피복하고 있는 침상장석감람석현무암(Acicular Feldspar Olivine Basalt; FOB)은 일명 표선리 현무암으로 불리워지며 회색 내지 암회색의 다공질 또는 치밀질의 평탄한 대지상의 용암대지를 형성하고 있다. 이 암석은 감람석을 반정으로 함유하고 침상의 장석이 특징적이며 제주도 동부 및 서부지역에 광범위하게 분포하나 남부지역과 북부지역 그리고 중산간 이상의 지역에서는 후기에 분출한 암석에 피복되어 지표노출이 확인되지 않는다. 또한 본 암은 분출 및 고화될 시 점성이 낮아 파호이호이 용암류의 산상을 보이며 이들 용암류의 유로를 따라 다수의 용암동굴이 형성되었다. 침상장석감람석현무암은 방사성동위원소(K/Ar) 연대측정 결과, 서귀포층의 퇴적시기부터 퇴적이 완료된 이후까지의 시기에 걸쳐 나타나며 대부분 서귀포층 퇴적 이후에 분출된 것으로 해석하고 있다.

시료채취지점에는 지표에서부터 GL(-)24 m까지 치밀한 암회색의 침상장석감람석현무암이 분포하고 있다.

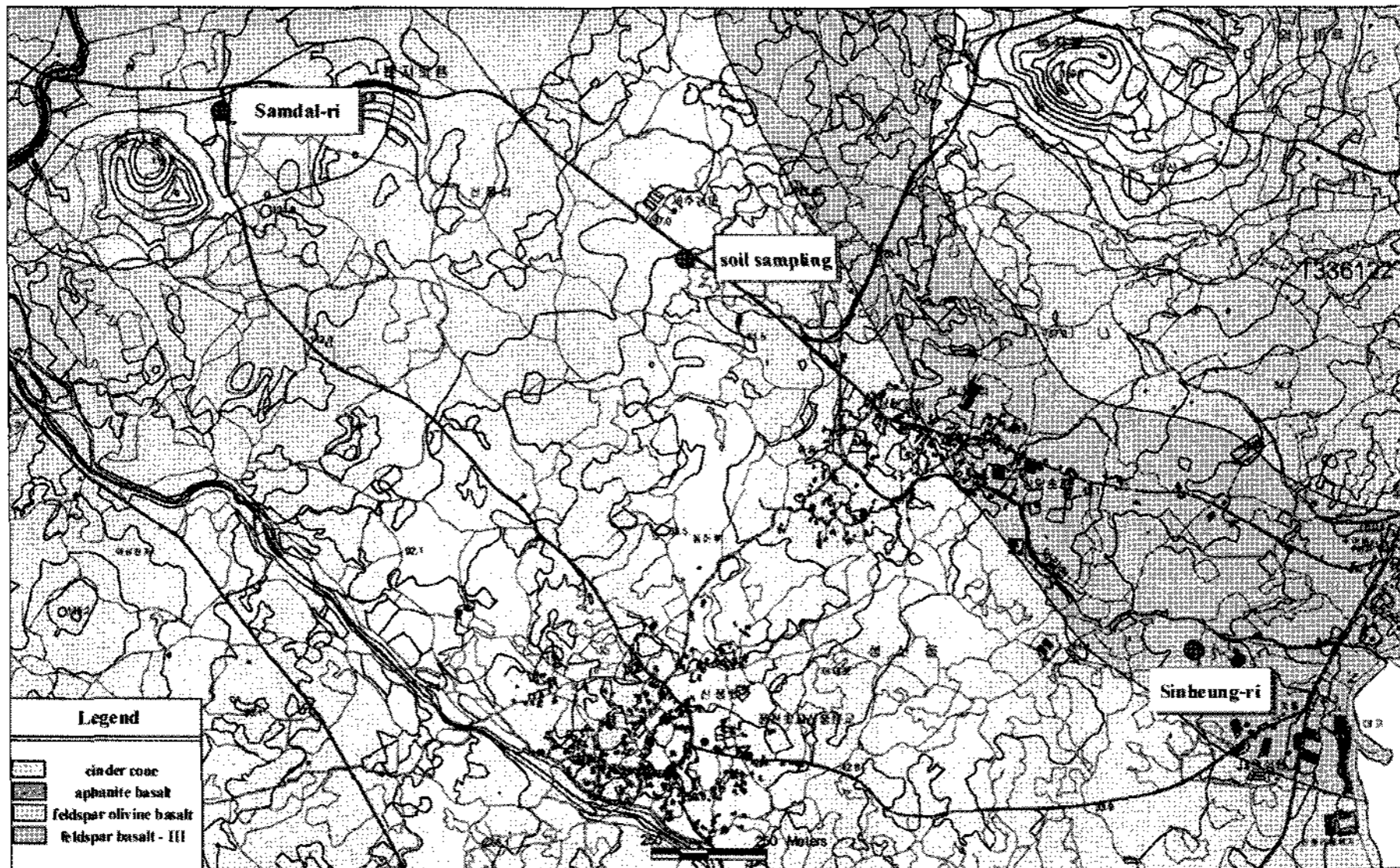


Fig. 2. Geologic map of the study area (Nam et al., 2008).

GL(-)24~8 1m 구간은 매우 치밀한 조면암질 현무암이 분포하고 있으며 홍갈색의 스킨리아층이 2~3매 협재되어 있다. GL(-)81~91m 구간은 홍갈색의 다공질 화산쇄설층이 분포하는데 화산쇄설물 중 소립자를 많이 포함한 채 용암이 굳은 상태이다. GL(-)91~157 m 구간은 다공질의 침상장석감람석현무암이 분포하는데 하부로 갈수록 치밀해지는 경향을 보인다.

표선리 현무암

표선리 현무암은 침상장석감람석현무암(FOB)으로 이루어져 있으며, 약간 어두운 회색을 띠고 다공질이며, 반정으로 감람석과 침상 사장석이 나타는데, 반정은 감람석반정과 소량의 사장석 반정 및 극소량의 단사회석반정이 나타난다. 석기는 사장석 래쓰와 감람석, 단사회석, 불투명 광물로 구성되어 있다. 그리고 이것들이 조립의 침상 사장석 사이를 충전하고 있는 입간조직을 보인다.

유동성이 큰 현무암질 용암으로 형성된 제주도에는 용암동굴의 발달이 현저하다. 세계 최장 동굴로 인정받는 만장굴을 비롯하여 빌레못굴 등 60여개의 용암동굴이 확인되고 있다. 용암동굴은 용암류의 유동 시 공기와 접촉으로 표면이 냉각 고결된 후에도 용융상태에 있는 내부의 용암이 하류로 흘러 내려감으로써 형성된다. 따라서 현무암질의 파호이호이 용암이 잘 나타나며, 제주도에서도 제2분출기의 표선리 현무암으로 구성된 해안저지대에 집중적으로 분포한다.

또한 제주도의 서부와 남부지역의 시추조사에 의하며, 현 해수면 하부의 60~70 m 부근에서 패류화석을 다량 함유하고 있는 두께 약 20 m의 해성층이 제1기의 현무암을 부정함으로 덮고 있다. 이 퇴적암류 상부로부터 적어도 10여회 이상의 화산분출로 현재의 해수면 상부까지 표선리 현무암이 형성하고 있다. 제주도에서의 제4기 화산활동은 플라이오세 말에서부터 시작된 것으로 믿어진다. 지표면상에서 서귀포층(플라이오세)을 부정함으로 피복하고 있는 표선리 현무암의 분출시기를 플라이스토세에 속하는 것으로 생각할 수 있으나, 시추결과에 의하면 이와 유사한 현무암층이 서귀포층의 하부에서도 발견되고 있으며, 서귀포층 자체가 응회암질이고 현무암질 화산암괴를 함유하고 있는 것으로 보아 제주도에서의 화산활동은 제3기 말에서부터 시작되었던 것으로 생각된다. 제주도 화산분출에서 마그마 분화작용이 처음에는 현무암에서 차차 조면암질로 옮겨가고 있다.

분출순서에 의해 구분된 현무암류는 광물조성과 화학성분으로 보아 철강석, 감람석현무암, 반상회석현무암, 비현정질현무암 등이다. 이들 암석은 전면적의 90%이상을 차지한다. 화산활동에 있어서의 각 분출기는 대체로 다량의 현무암의 유출로부터 시작하여 안산암질 또는 조면암질로 이화되며 용암의 유출은 양적으로 감소되는 것과 동시에 다량의 화산쇄설물을 방출하였다.

본 실험에 사용한 암석시료는 침상장석감람석현무암(일명 표선리 현무암)으로서 제주도의 지형을 해안저지

대, 한라산체, 기생화산으로 구분할 때 해안저지대에 해당하는 성산읍 지역에서 채취한 시료를 사용하였다. 제주도의 해안저지대를 형성하는 지역의 화산암 구성광물로는 감람석과 휘석이 주성분을 이루며, 불투명광물 티탄철광이 포함되어 있다.

조면암질 현무암

조면암질 현무암은 알칼리감람석현무암보다 이산화규소와 알칼리 성분을 많이 함유한 알칼리계열의 현무암으로 조면암과 비슷한 조면조직을 가진 경우가 많다. 육안으로 보면 치밀하고 담회색을 나타낸다. 구성광물은 알칼리감람석현무암과 거의 같고, 반정(斑晶)에 감람석, 보통휘석, 사장석, 티탄자철석, 티탄철석이 보인다. 알칼리감람석현무암과의 화학조성 차이는 알칼리장석의 양이 많다는 점이다. 본래는 사장석과 준장석을 포함한 현무암질암석에 대해 사용되어 온 암석명이다.

스코리아(scoria)

스코리아는 마그마가 대기 중으로 방출되어 그 속의

휘발성 성분이 빠져나가 많은 기공이 생긴 것으로 부석(浮石)보다 다소 무거우며, 염기성 또는 중성의 마그마에서 유래된 것이다. 이러한 암재를 제주도 방언으로 “송이”라 한다.

화산의 화구로부터 분출되는 암편과 화산회를 총칭하여 화산쇄설물이라고 하는데, 그 중 직경이 32 mm 이상인 것이 화산암괴(volcanic block)라 하며, 이 중 어느 정도 둥글거나 방추형으로 생긴 것을 화산탄(volcanic bomb)이라고 하며 이는 용암이 공중에서 회전하면서 냉각되어 만들어진 것이다. 모양이 불규칙하고 직경이 4~32 mm 사이에 있는 것을 화산력(lapilli) 또는 분석(cinder)이라고 하고, 4 mm 이하의 세편을 화산회(volcanic ash), 0.25 mm 이하의 가루를 화산진(volcanic dust)이라 하며 이러한 화산쇄설물이 낙하하여 퇴적되어 있는 지층을 스크리아층이라 한다. 스크리아로 구성된 분석구는 분출 퇴적 범위는 수 km이며, 분화구에서 3 km 지점에는 1 cm 크기의 스크리아가 10 cm 두께로 층을 이룬다고 한다. 스크리아로 구성된 분석구 분포지역은 스크리아의 물성에 좌우된다. 스크리아는 기공의

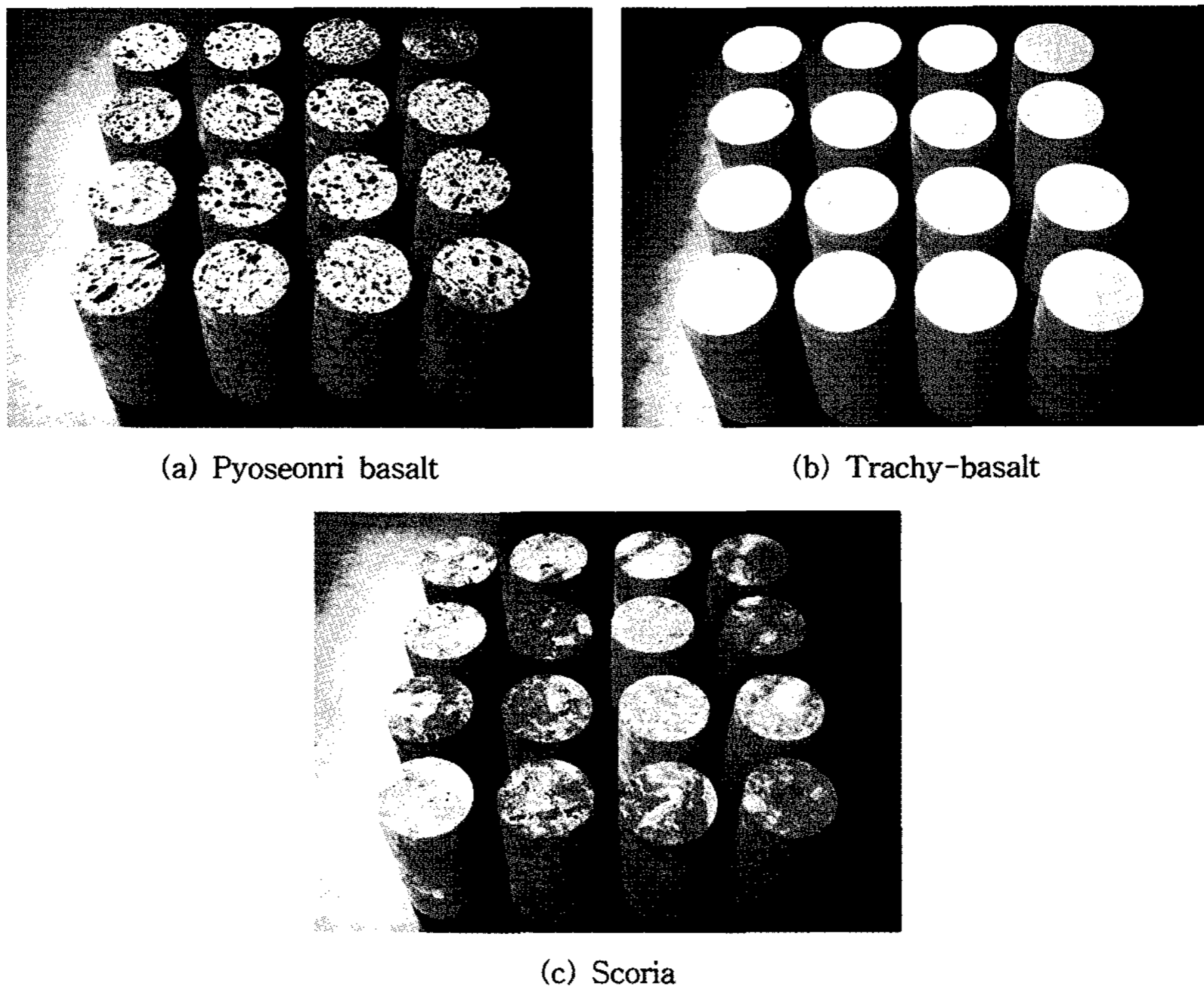


Fig. 3. Specimens according to rock type.

Fig. 3. Specimens according to rock type.

함량이 높고 각력상으로 산출된다. 이러한 조립질층 상 위에는 미립질 스크리아가 협재되어 층리를 형성하고 있다. 분석구 가까이 개설되어 있는 구조물(도로, 건물 등)은 지하에 분포해 있는 스크리아층의 물성으로 인하여 지반이 불안정하게 되기 쉬우며 이에 대한 면밀한 검토가 필요하다.

시료채취 및 시험방법

시료채취 및 공시체 제작

본 연구에서는 방향성을 잃지 않고 교란 및 훼손을 최소로 한 시료를 얻고자 하였으며, 오차를 최소로 하기 위하여 시료채취깊이를 표시하여 동일시험에는 1 m 내의 동일깊이의 시료를 사용하였다. 전술한 바와 같이 시료채취지역에는 표선리 현무암, 조면암질 현무암, 비현정질 현무암, 감람석 현무암, 서귀포층, U층 등이 분포하고 있다.

채취된 암석시료는 diamond thin-wall bit의 탈착이 가능한 코어링 기계를 이용하여 BX크기로 제작하였다. 본 연구에 사용된 암석시편으로서 공시체의 직경은 43 mm, 높이는 86 mm로 제작하였다. Fig. 3은 표선리 현무암, 조면암질 현무암 및 스크리아에 대한 공시체를 각각 나타낸 것이다. Fig.에서 보는 바와 같이 표선리 현무암의 경우 다공질이며, 조면암질 현무암의 경우 조직이 치밀함을 알 수 있다.

시험방법

본 연구에서는 표선리 현무암, 조면암질 현무암 및 스크리아의 일축압축강도와 인장강도를 조사하기 위하여 일축압축시험 및 압열인장시험을 실시하였다. 그리고 암

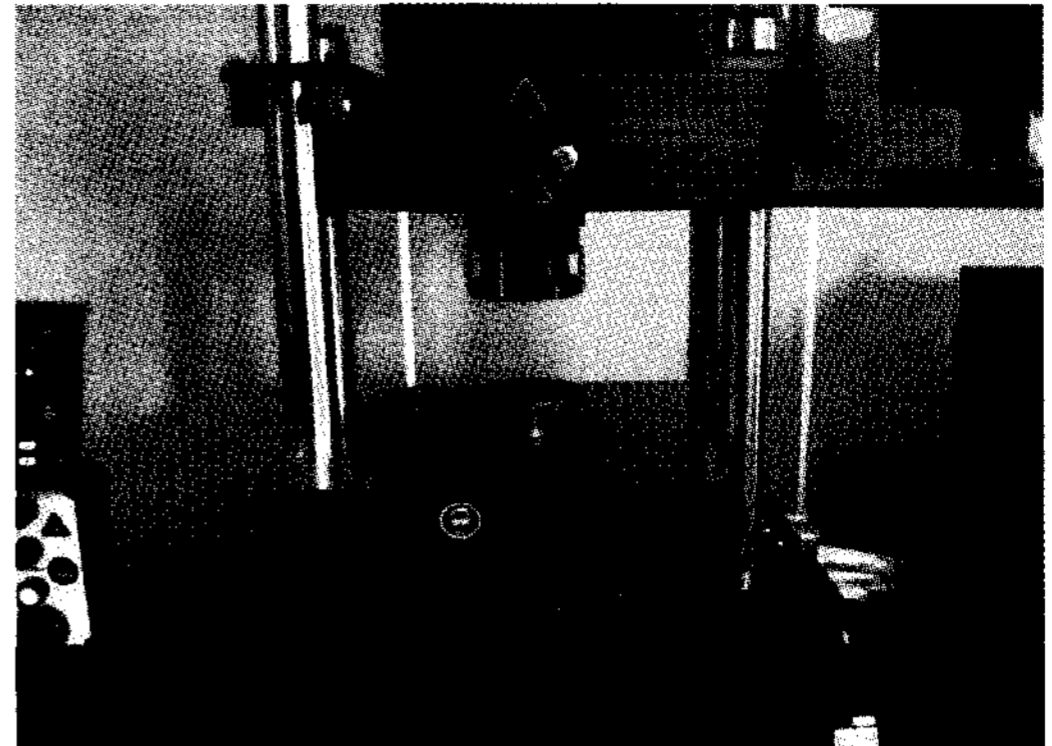


Fig. 4. Compressive test equipment.

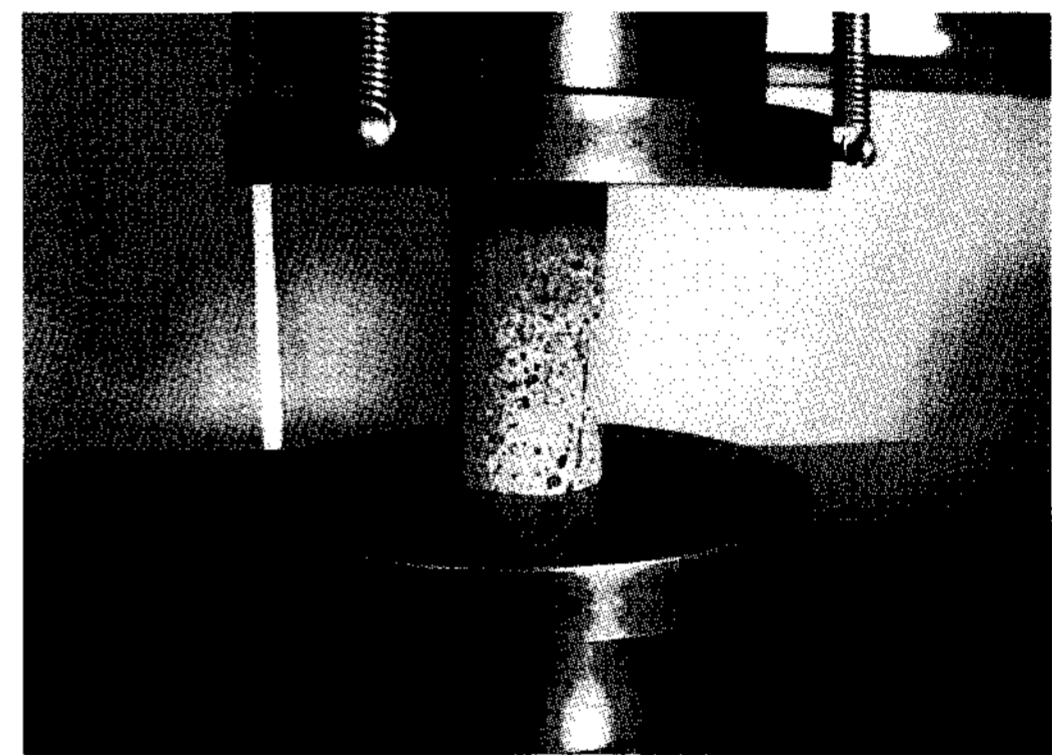
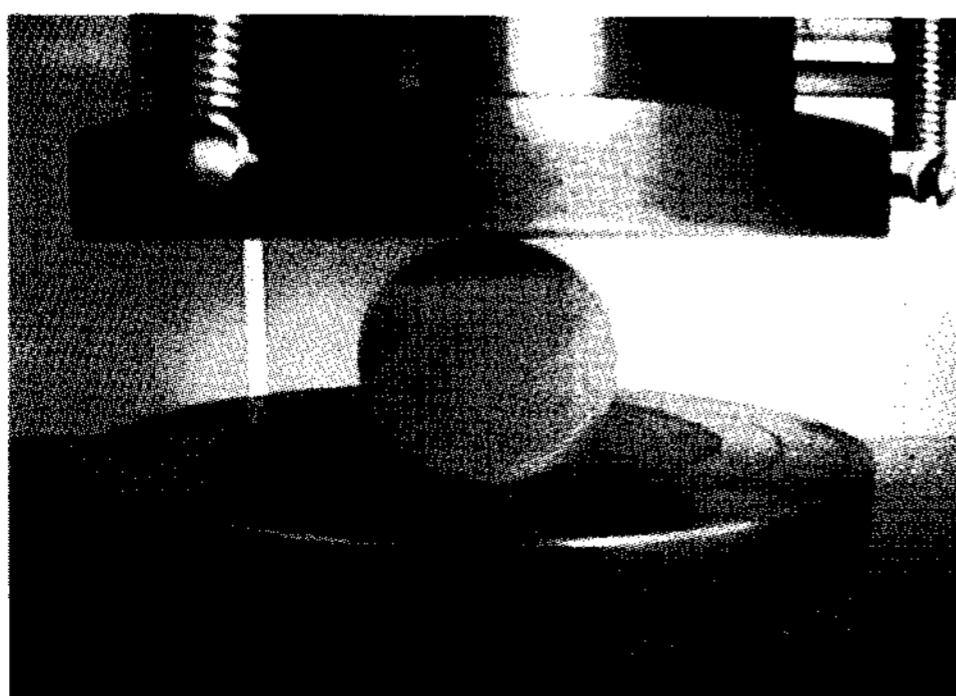


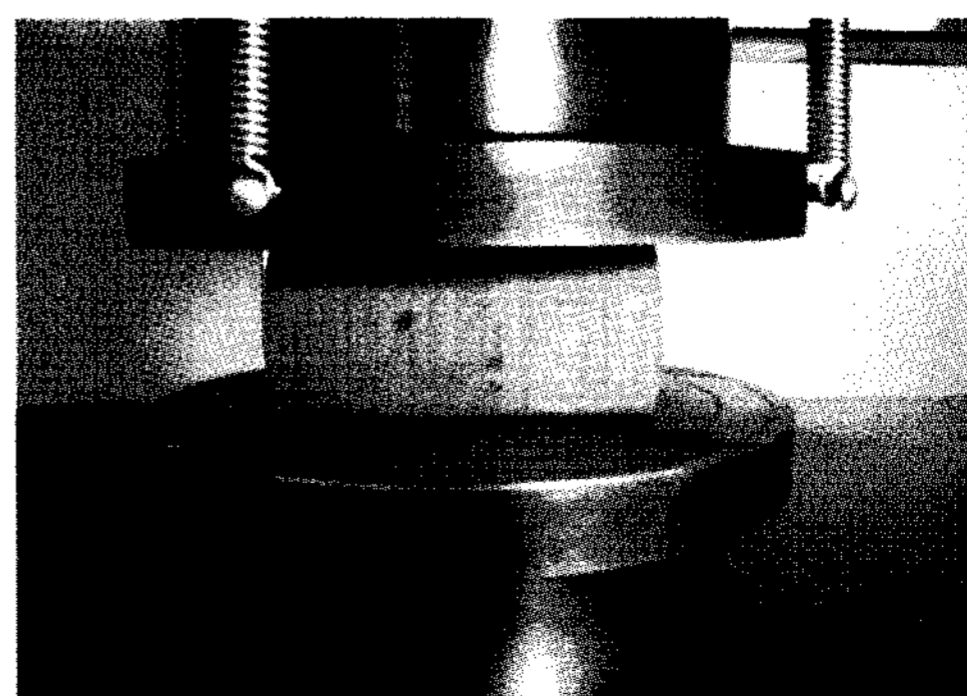
Fig. 5. Specimen installed in uniaxial compression test

석의 강도에 영향을 미치는 요인을 조사하기 위하여 가압속도, 가압방향 및 습윤상태를 변화시켜 시험을 실시하였다.

일축압축시험은 가장 간단한 역학시험이며 암석강도



(a) front view



(b) side view

Fig. 6. Specimen installed in Brazilian tensile test.

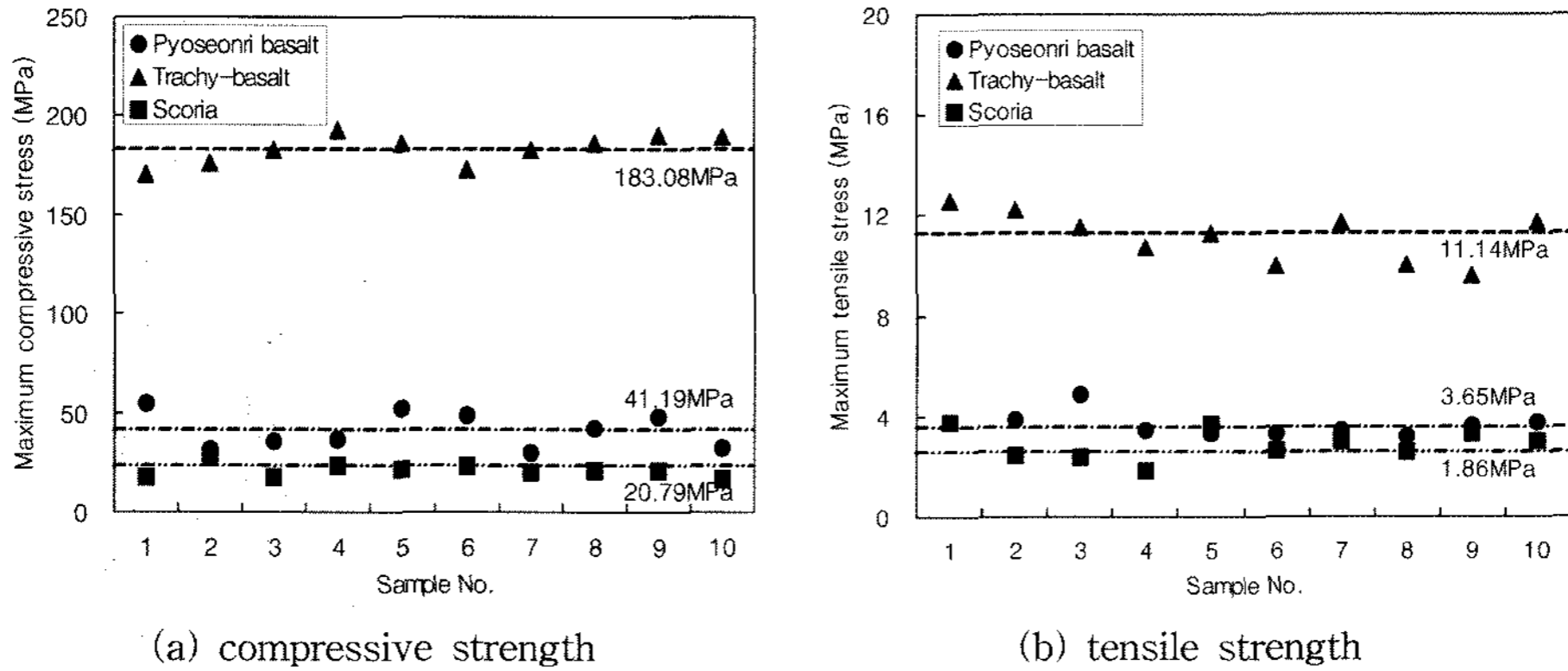


Fig. 7. Results of uniaxial compression test and Brazillian tension test in dry condition.

의 지표로서 널리 사용되고 있다. 암석 시험편의 축방향으로 압축력을 가한 후 파괴 될 때의 하중을 측정하여 일축압축강도를 구하며 시험편의 변형률을 측정하여 응력-변형률 곡선을 얻어 탄성계수나 포아송비를 구할 수 있다. 일축압축시험에서 파괴하중을 P라고 하면 일축압축강도는 식(1)에 의하여 구할 수 있다.

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

여기서, σ_c = 일축압축강도
 P = 파괴하중
 A = 시험편의 단면적

인장강도는 암석과 같은 취성재료에 있어 파괴에 가장 큰 영향을 미치는 주요한 요소이다. 암석의 인장강도 시험법에는 직접인장시험, 간접인장시험법인 압열인장시험(Brazilian tension test), 압인시험(Indentation test)의 세가지 방법이 있으나 시험편의 성형이나 시험장치 및 방법이 비교적 간단한 간접인장시험법인 압열인장시험이 주로 사용되고 있다. 압열인장시험의 경우 시험편의 상하 직경방향으로 선하중이 가해질 때 시험편 중앙 수직축상에 수평방향으로 인장응력이 발생하고 이 중앙 수직축선상으로 인장파괴가 일어난다. 압열인장시험에서 인장파괴가 발생할 때의 하중을 P라 하면 인장강도는 식(2)에 의하여 구한다.

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot L} \quad (2)$$

여기서, σ_t = 인장강도
 P = 파괴하중
 D = 시험편의 직경
 L = 시험편의 길이

Fig. 4는 일축압축시험 및 압열인장시험에 활용된 압축시험기를 나타낸 것이다. Fig. 5는 일축압축시험을 위하여 압축시험기에 설치된 공시체의 모습을 나타낸 것이고, Fig. 6은 압열인장시험을 위하여 압열인장시험기에 설치된 공시체의 모습을 나타낸 것이다.

시험결과 및 고찰

암석의 압축강도 및 인장강도를 측정하기 위하여 일축압축시험 및 압열인장시험을 각각 실시하였다. 일축압축시험은 암석시료에 축방향으로 압축력을 가한 후 파괴될 때의 하중을 측정하여 일축압축강도를 산정하는 것이며, 압열인장시험은 암석시료의 직경방향으로 선하중이 가한 후 파괴될 때의 하중을 측정하여 인장응력을 산정하는 것이다.

Fig. 7은 건조상태에서 각각의 암석시료에 대한 일축압축시험결과와 압열인장시험결과를 나타낸 것이다. Fig. 에서 보는 바와 같이 일축압축강도는 표선리 현무암의 경우 평균 41.19 MPa이고, 조면암질현무암의 경우 평균 183.08 MPa이며, 스크리아의 경우 평균 20.79 MPa인 것으로 나타났다. 그리고 압열인장강도는 표선리 현무암의 경우 평균 3.65 MPa이고, 조면암질현무암의 경우 평균 11.14 MPa이며, 스크리아의 경우 평균 2.86 MPa인 것으로 나타났다. 따라서 건조상태에서 조면암질 현무암의 일축압축강도 및 압열인장강도가 가장 크고, 스크리아의 일축압축강도 및 압열인장강도가 가장 작은 것으로 나타났다.

Fig. 8은 습윤상태에서 각각의 암석시료에 대한 일축압축시험결과와 압열인장시험결과를 나타낸 것이다. Fig. 에서 보는 바와 같이 일축압축강도는 표선리 현무암의

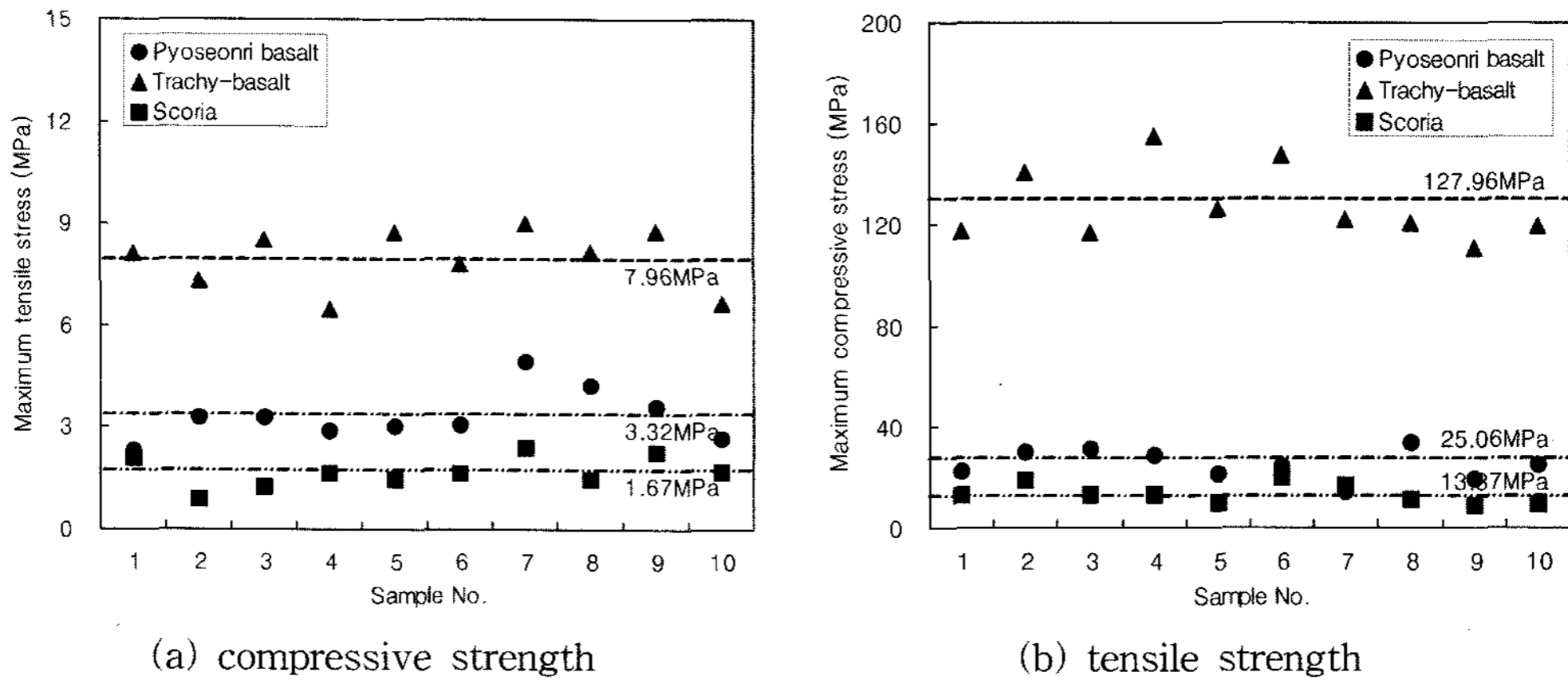


Fig. 8. Results of uniaxial compression test and Brazillian tension test in wet condition.

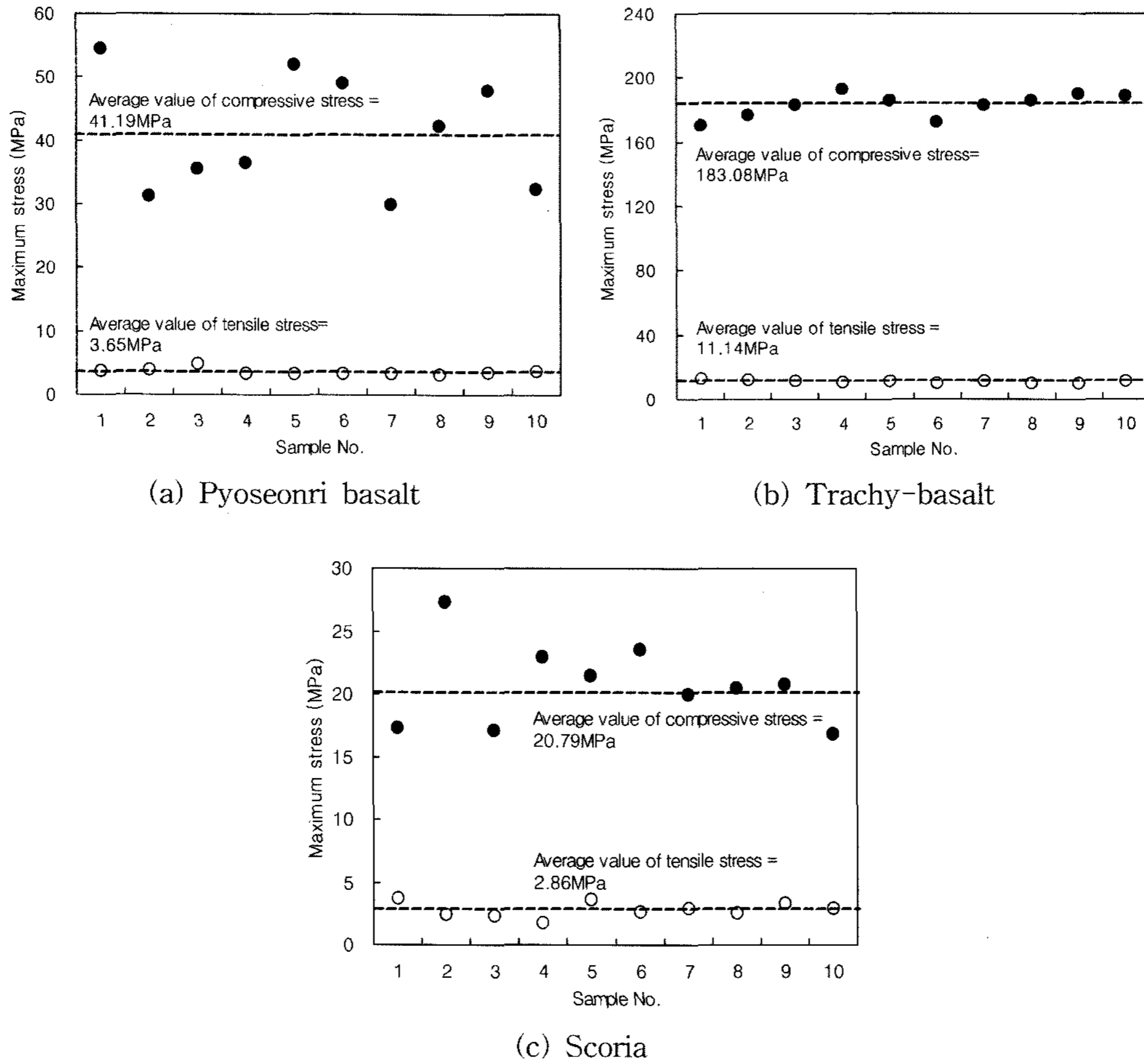


Fig. 9. Comparison between compression strength and tensile strength in dry condition.

경우 평균 36.40 MPa이고, 조면암질현무암의 경우 평균 127.96 MPa이며, 스크리아의 경우 평균 13.37 MPa인 것으로 나타났다. 그리고 압열인장강도는 표선리 현무암

의 경우 평균 3.32 MPa이고, 조면암질현무암의 경우 평균 7.96 MPa이며, 스크리아의 경우 평균 1.67 MPa인 것으로 나타났다. 따라서 건조상태와 동일하게 습윤상태

에서도 조면암질 현무암의 일축압축강도 및 압열인장강도가 가장 크고, 스킨리아의 일축압축강도 및 압열인장강도가 가장 작은 것으로 나타났다.

Fig. 9는 건조상태에서 각각의 암석시료에 대한 일축압축강도와 압열인장강도를 비교한 것이다. Fig.에서 보는 바와 같이 일축압축강도와 압열인장강도의 차이는 표선리 현무암의 경우 37.54 MPa, 조면암질 현무암의 경우 171.94 MPa 그리고 스킨리아의 경우 17.93 MPa로 나타났다. 이들 결과를 환산하면 인장강도는 표선리 현무암의 경우 일축압축강도의 8.9%, 조면암질 현무암의 경우 일축압축강도의 6.1%, 스킨리아의 경우 일축압축강도의 13.8%임을 알 수 있다.

한편, Fig. 10은 습윤상태에서 각각의 암석시료에 대한 압축강도와 인장강도를 비교한 것이다. Fig.에서 보는 바와 같이 압축강도와 인장강도의 차이는 표선리 현무암의 경우 33.0 MPa, 조면암질 현무암의 경우 120.00 MPa 그리고 스킨리아의 경우 11.70 MPa로 나

타났다. 이들 결과를 환산하면 인장강도는 표선리 현무암의 경우 일축압축강도의 9.1%, 조면암질 현무암의 경우 일축압축강도의 6.2%, 스킨리아의 경우 일축압축강도의 12.5%임을 알 수 있다.

따라서 각각의 암석시료에 대한 일축압축강도와 압열인장강도의 비율은 건조상태와 습윤상태에서 유사한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 즉, 압열인장강도는 표선리 현무암의 경우 일축압축강도의 약 9%, 조면암질 현무암의 경우 일축압축강도의 약 6%, 스킨리아의 경우 일축압축강도의 약 13%임을 알 수 있다.

암석강도에 영향을 미치는 요소

시험시 가압속도

일반적으로 국제암반공학회(ISRM)의 규정에서는 0.5-1.0 N/mm²/s의 하중재하속도를 제안하고 있다. 그리고 한국암반공학회(2005)에서 제시한 표준시험법에서는 일

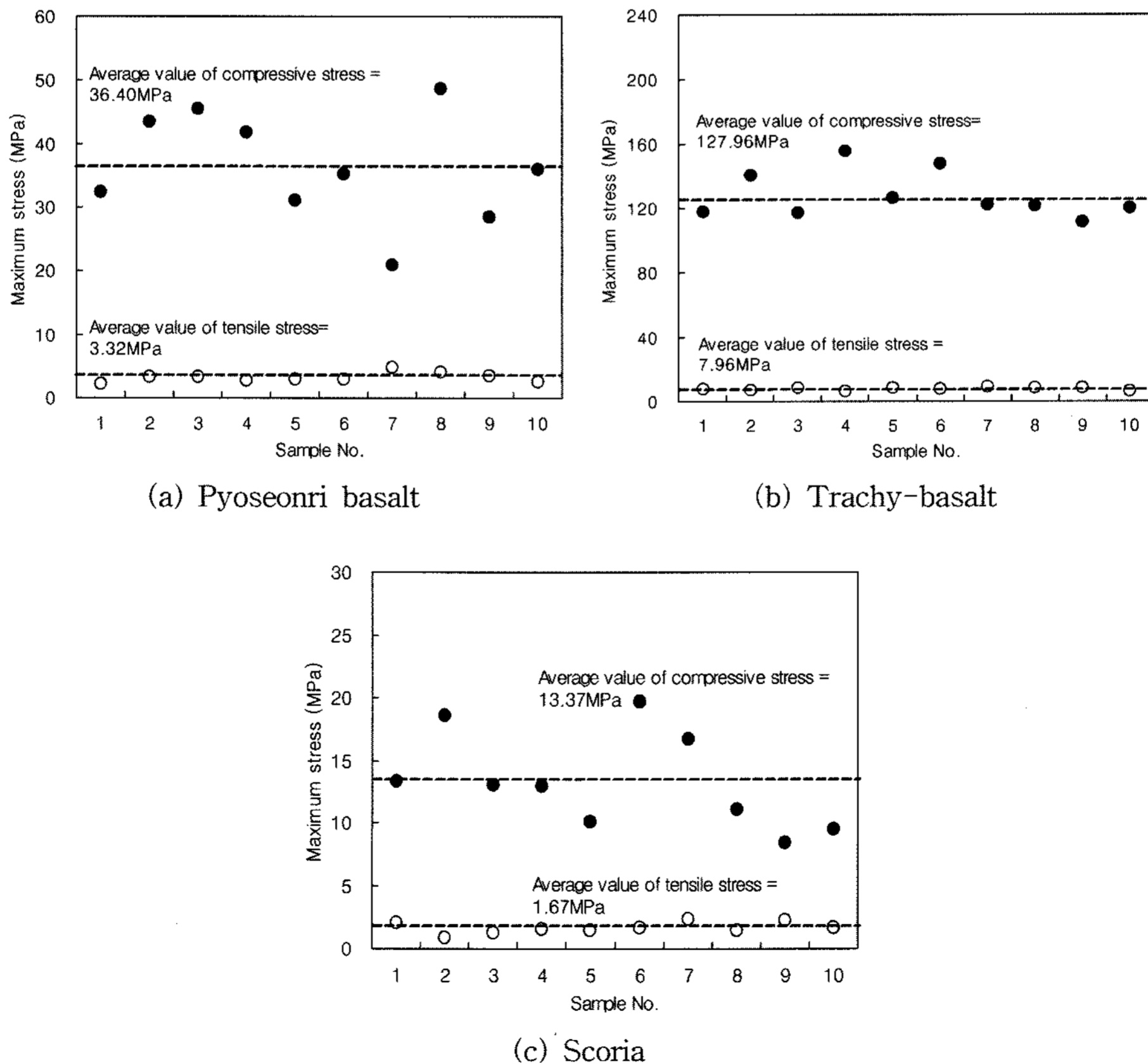


Fig. 10. Comparison between compression strength and tensile strength in wet condition.

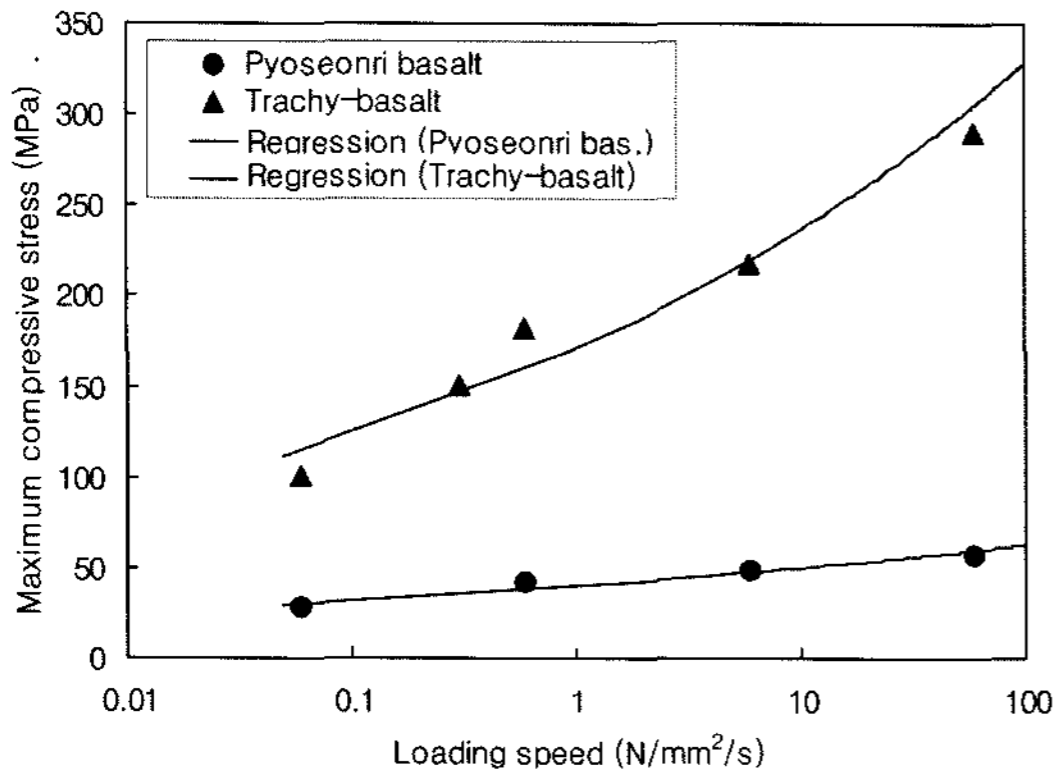


Fig. 11. Change of compressive strength by loading speed.

축압축시험시의 하중재하속도를 규정하지 않고 있다.

Fig. 11은 표선리 현무암과 조면암질 현무암을 이용하여 일축압축시험시 하중재하속도에 따른 일축압축강도를 측정된 결과이다. 동일한 조건의 시료를 대상으로 하중재하속도를 0.06-60 N/mm²/s로 변화하며 일축압축시험을 실시하였다. Fig.에서 보는 바와 같이 표선리 현무암 및 조면암질 현무암의 일축압축강도는 하중재하속도가 증가함에 따라 커지는 것으로 나타났다. 그리고 표선리 현무암보다 조면암질 현무암의 일축압축강도가 하중재하속도에 따른 영향이 큰 것으로 나타났다. 따라서 일축압축시험시 하중재하속도가 증가하면 일축압축강도가 증가하지만 일축압축강도의 증가정도는 암종에 따라 차이가 있음을 알 수 있다.

암석의 수분함량

Fig. 12는 건조 및 습윤상태에서 각각의 암석시료에 대한 일축압축강도를 비교한 것이다. Fig.에서 보는 바

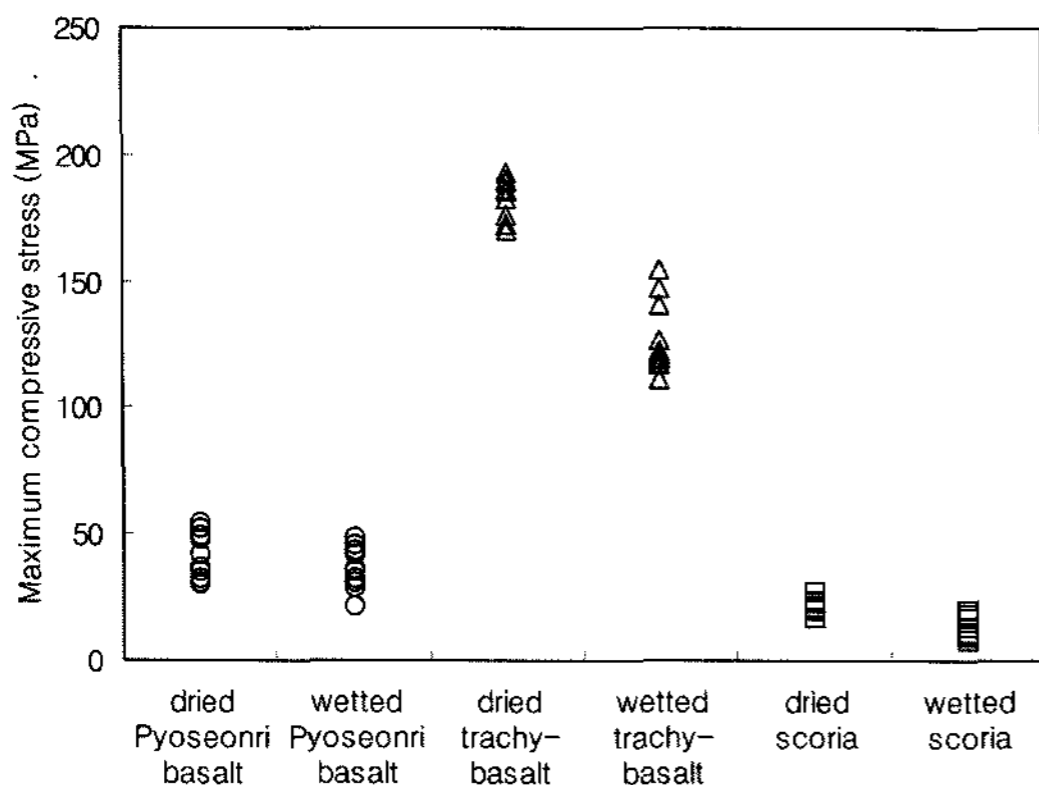


Fig. 12. Influence of moisture content on compressive strength.

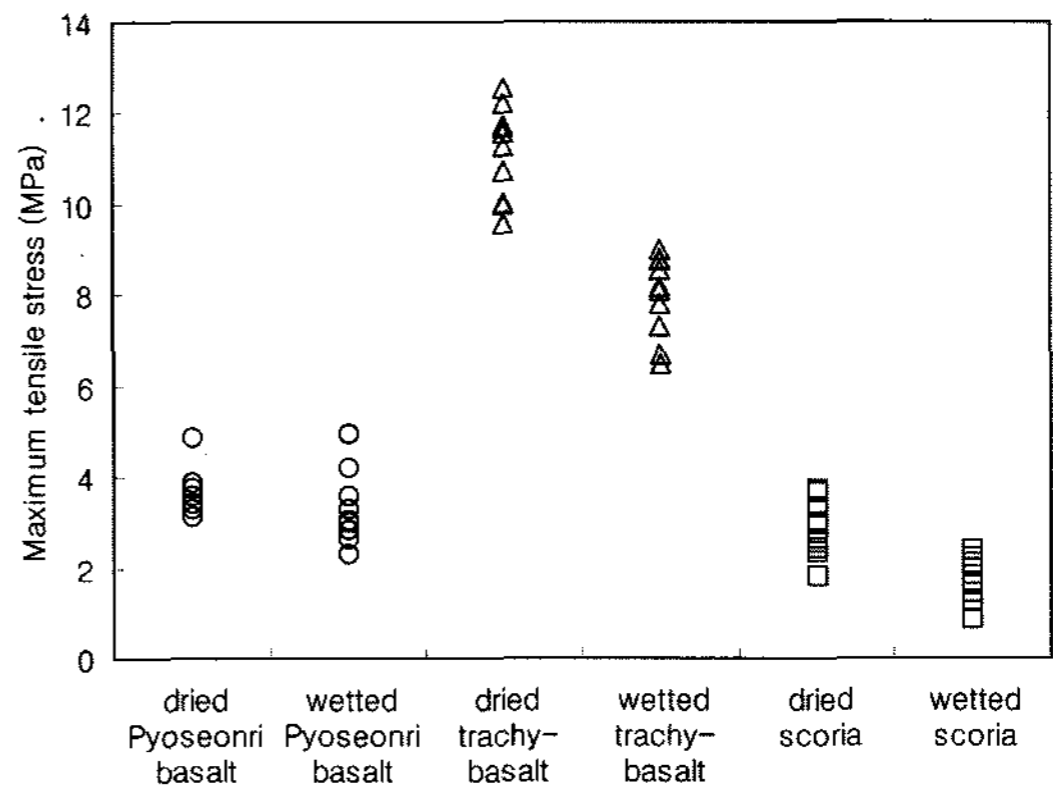


Fig. 13. Influence of moisture content on tensile strength.

와 같이 건조상태의 일축압축강도가 습윤상태의 일축압축강도보다 큰 것으로 나타났다. 그리고 Fig. 13은 건조 및 습윤상태에서 각각의 암석시료에 대한 압열인장강도를 비교한 것이다. 일축압축강도와 마찬가지로 건조상태의 압열인장강도가 습윤상태의 압열인장강도보다 큰 것으로 나타났다. 이와 같이 암석시료내 수분함량이 증가하게 되면 압축강도 혹은 인장강도는 저하하게 된다. 암석시료는 하중을 받게 되면 먼저 암석에 존재하는 공극이 폐합이 되고, 계속적으로 하중을 받게 되면 공극내 존재하는 물이 공극의 구조를 파괴시키는 역할을 하게 된다. 이로 인하여 입자의 결합력은 떨어지게 되며 암석의 강도도 저하되는 것으로 판단된다.

암석의 이방성

암석은 대부분 층리에 따른 이방성의 특성을 가지므로 압축강도 혹은 인장강도 측정시험을 실시할 경우 가압방향과 층리방향과의 각도에 따라 서로 다른 변형과 강도특성을 보이게 된다. Fig. 14는 각각의 암석시료에 대하여 수평면과 하중재하 방향과의 관계에 따른 일축압축강도의 변화양상을 나타낸 것이다. 주응력이란 전단응력이 0인 면에 작용하는 수직응력으로서 암석시료의 파괴시 파괴면에 수직으로 작용하는 응력을 말한다. Fig.에서 보는 바와 같이 암석시료의 층리방향인 β가 0°와 90°일 때 일축압축강도는 유사한 값을 갖는 것으로 나타났다. 그러나 β가 45°일 때 일축압축강도는 β가 0°와 90°일 때 일축압축강도보다 작은 값을 갖는 것으로 나타났다. 암석시료의 층리방향인 β가 0°와 90°일 경우에는 최소주응력이 작용하는 파괴면과 β가 일정한 경사를 가지고 파괴가 발생된다. 그러나 β가 45°일 경우에는 최소주응력이 작용하는 파괴면과 β는 평행하게 되어 파괴

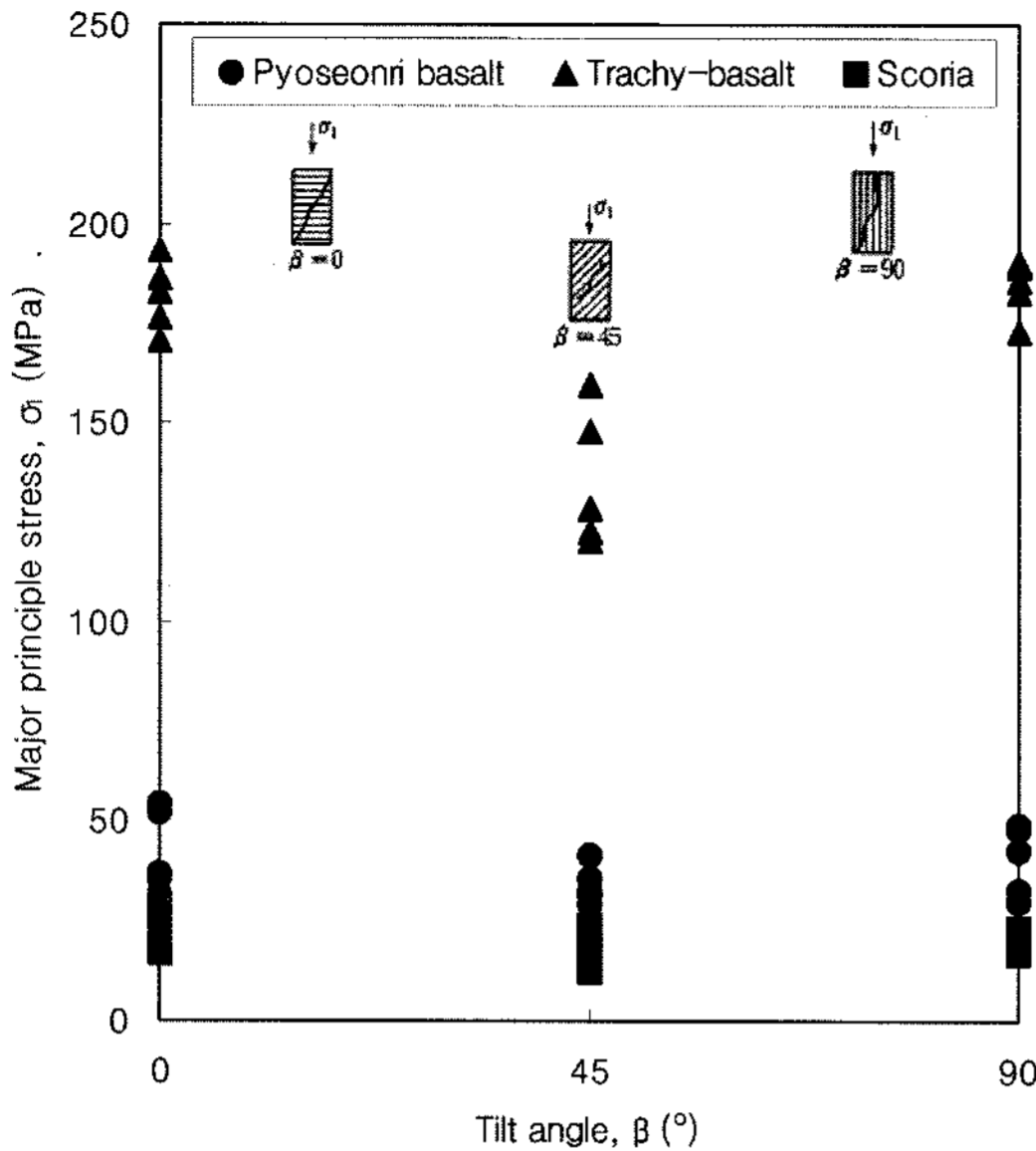


Fig. 14. Relationship between tilt angle and compressive strength.

가 발생된다. 즉, 층리면과 평행하게 파괴가 발생하는 것보다 층리면과 일정한 경사를 가지고 파괴가 발생하는 것이 압축강도가 더 크게 나타남을 알 수 있다. 그리고 층리면과 평행하게 파괴가 발생하는 β 가 45°인 경우가 층리면과 일정한 경사를 가지고 파괴가 발생하는 β 가 0°와 90°인 경우보다 약 12-26%의 일축압축강도가 저하됨을 알 수 있다.

결론 및 요약

본 연구에서는 제주도 현무암의 압축강도와 인장강도를 조사하기 위하여 서귀포시 성산읍 일대의 표선리 현무암, 조면암질 현무암 및 스크리아 시료를 채취하고 각각에 대한 일축압축시험과 압열인장시험을 실시하였다. 특히 채취된 시료의 강도에 영향을 미치는 요인을 조사하기 위하여 가압속도, 가압방향 및 습윤상태를 변화시켜 시험을 실시하였다. 이들 시험결과를 토대로 표선리 현무암, 조면암질 현무암 및 스크리아의 강도에 영향을 미치는 요인을 고찰하였으며, 이들 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 건조상태 및 습윤상태에서 조면암질 현무암의 일축압축강도 및 압열인장강도가 가장 크고, 스크리아의 일축압축강도 및 압열인장강도가 가장 작은 것으로 나타났다.

2) 일축압축시험시 하중재하속도가 증가함에 따라 일축압축강도가 증가하는 것으로 나타났으며 일축압축강도의 증가정도는 암종에 따라 차이가 있음을 알 수 있다. 따라서 일축압축시험시 하중재하속도에 대한 영향을 고려하여 시험을 실시하여야 할 것이다.

3) 암석시료내 수분함량이 증가하게 되면 공극내 물의 영향으로 인하여 암석의 입자간 결합력이 떨어지게 되므로 압축강도 혹은 인장강도는 저하하게 된다.

4) 암석시료에 대한 강도 이방성의 영향을 고려하여 시험을 실시한 결과 층리면과 평행하게 파괴가 발생하는 것보다 층리면과 일정한 경사를 가지고 파괴가 발생하는 것이 압축강도가 더 크게 나타난다.

5) 층리면과 평행하게 파괴가 발생하는 β 가 45°인 경우가 층리면과 일정한 경사를 가지고 파괴가 발생하는 β 가 0°와 90°인 경우보다 약 12-26%의 일축압축강도가 저하됨을 알 수 있다.

사 사

본 연구는 건설기술혁신사업인 ‘국가 주요기반시설물 안전관리 네트워크 구축’의 세부과제인 ‘GIS기반 급경사지 재해위험 취약지구 선정기법 연구’의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

남정만, 윤중만, 송영석, 김준호 (2008) “제주도 현무암의 공학적 특성 분석”, 한국토목섬유학회논문집, 제7권 제1호, pp.13-22.
 박형동 (1995) “암석의 공학적 이방성 측정을 위한 실험실내 P파 속도 측정기법에 대한 연구”, 지질공학회지, 제5권, pp.237-247.
 엄관용 (2002) “제주도 화산암의 역학적 특성에 관한 연구”, 연세대학교 석사학위논문.
 원연호, 강추원, 김종인, 박현식 (2004) “암석의 종류와 방향에 따른 물리적 특성과 상호관계”, 터널과 지하공간, 제14권 제4호, pp.261-268
 이상은, 조상호, 양형식, 박홍민 (1999) “조사선을 이용한 화강암의 미세 불연속면 분포성상 평가”, 터널과 지하공간, 제9권, pp.364-372.
 정형래, 김종우 (2006) “이방성 암반의 방향성과 축압조건을 고려한 터널 모형실험 연구”, 터널과 지하공간, 제16권 제4호, pp.313-325.
 한국암반공학회 (2005) “암석의 일축압축강도 표준시험법”, 터널과 지하공간, 제15권, pp.85-86.
 Kranz, R.L. (1979) “Crack-crack and crack-pole interactions in stressed granite”, Int. Jour. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Vol.16, pp.37-47.
 Reyes, O. and Einstein, H.H. (1991) “Failure mechanism of fractured rock - a fracture coalescence model”,

Proc. 7th ISRM Congress, Achen, Germany, pp.333-340.

2008년 4월 11일 원고접수, 2008년 6월 16일 게재승인

남정만

제주대학교 해양과학대학 토목환경공학전공
690-756, 제주특별자치도 제주시 제주대학로 66
Tel: 064-754-3454
Fax: 064-725-2483
E-mail: jungman@cheju.ac.kr

윤종만

안산공과대학 건설계열 건설전공
425-792, 경기도 안산시 단원구 초지동 671
Tel: 031-490-6155
Fax: 031-495-7828
e-mail: jmyun@ansantc.ac.kr

송영석

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부
305-350, 대전광역시 유성구 과학로 92
Tel: 042-868-3035
Fax: 042-868-3415
E-mail: yssong@kigam.re.kr

김준호

제주대학교 해양과학대학 토목환경공학전공
690-756, 제주특별자치도 제주시 제주대학로 66
Tel: 064-754-5508
Fax: 064-725-2483
E-mail: -