

## 백악기 사암과 셰일에 대한 포아송비의 변화 The variation of poisson's ratio for The Cretaceous Sandstones and Shale in the Euseoung Subbasin.

정 태 종 (Jeoung, Tae Jong)

### 요약/Abstract

본 연구는 의성 소분지에 분포하는 백악기 사암과 셰일을 대상으로 압력에 따른 포아송비의 변화를 구명(究明)한 것이다. 역학적 시험을 실시하기 위하여, 직경 3.0cm, 길이 6.2cm인 시료를 사용하여 응력/변형률 시험을 하였다. 시험에 사용된 기기는 분해 능이  $10^{-7}$ 인 증폭기 및 16비트 A/D변환기, 컴퓨터, 하중 계측기, 시험 운영 프로그램으로 구성되어 있으며, 유효 자료 획득 속도는 매 초당 6~100개이다. 일반적으로 포아송비는 지금까지 하나의 물성으로 취급되어 왔으나, 본 시험 결과 금속류와는 달리 포아송비는 압력에 따라 변하는, 압력과 함수 관계에 있음이 확인되었다. 포아송비를 도출함에 있어서 4가지 방법을 사용한 결과, 계산 방법에 따라 상당한 차이가 있으며, 탄성 한계 내에서는 대체로 비슷한 경향을 나타내고 있다. 내부 파괴 영역에서는 포아송비가 급격하게 증가하여, 계산 방법에 따라 파괴 영역이 확연히 구분되어 진다. 사암과 셰일은 낮은 하중과 높은 하중에서는 서로 다른 거동을 보였으나, 중간 하중 영역 즉 탄성 한계 내에서는  $\nu_1 = \nu_0 + P\sigma$ 로( $\nu_0$ : 탄성 영역 내에서의 초기 포아송비,  $\nu_1$ : 탄성 영역 내에서의 포아송비, P: 포아송 계수,  $\sigma$ : 응력) 일차 함수적으로 증가하였다. 2가지 암석 시료 모두 탄성 한계 내에서 포아송비는 0.1~0.21의 연속적인 변화 양상을 나타내며, 파괴강도 65% 이상에서 급격히 증가하여 0.22~0.45로 나타나므로 이는 탄성 범위밖에 해당된다.

주요의: 화강암, 사암, 셰일. 진 포아송비, 포아송 계수.

This study shows the variation of poisson's ratio according to stress for the Cretaceous sandstones and shale in the Euseoung Subbasin. To make a mechanical experiment, samples prepared with 3.0 cm in diameter and 6.2 cm in length were used in testing stress and strain. Generally poisson's ratio has been considered as one of properties, but contrary to steel, the test result makes sure that poisson's ratio has functional relation to stress. I had used four methods to calculate poisson's ratio. Poisson's ratio shows considerable different results according to the calculating method but it has similar tendency in an elastic limit. Poisson's ratio increases rapidly and is distinguished clearly in internal fracture region according to the calculating method. Poisson's ratio of sandstone and shale is different from one another in low and high stress regimes, but it is linearly proportional to the stress in an elastic regimes, that is,  $\nu_1 = \nu_0 + P\sigma$ ( $\nu_0$ : first stage poisson's

ratio,  $\nu$ :poisson's ratio; P:poisson's coefficient,  $\sigma$ :stress).

Poisson's ratios of two kinds of rock samples show continuous variation from 0.1 to 0.21 in an elastic regime. The variation of poisson's ratio is much wider in an internal fracture regime. It varies from 0.22 to 0.45 in sandstone, which is out of elastic regime.

**Key Words** : sandstone, shale, poisson's ratio, poisson's coefficient.

## 서 언

터널 및 지하 구조물을 설치할 경우 각종 암반을 대상으로 하게 되고 이때 암반의 역학적 거동을 검토하게 된다. 암반의 거동은 암체의 물성에 따라 그 양상이 다양하게 나타난다. 나타난 이들 양상은 변형(deformation)인 것이고, 변형 중에서도 탄성 한계 내에 있는 변형을 검토하게 된다. 탄성 한계 내에 있는 물질 정수 중의 하나가 포아송비(Poisson's ratio)이다. 즉 포아송비는 외력을 받을 때 하중 방향의 종변형률(axial strain:  $\epsilon_x$ )에 대한 이에 수직인 횡변형률(lateral strain:  $\epsilon_l$ )간의 비( $\epsilon_l/\epsilon_x$ )이고, 지중 압력 계수(coefficient of geostatic stress)를 도출할 때나 지반 내의 응력을 도출할 때 중요한 것으로, 변형 크기를 판별할 수 있는 필수적인 계수라 할 수 있다. 현재까지 많은 암석 역학자들이(Lama,1966; Jahns, 1966;Gimm et al, 1966;Cook,1967;Pratt et al, 1970;Bieniawski, 1975) 포아송비에 대하여 연구하여 왔으며, 같은 암석은 탄성 한계 내에서 일정한 값을 가지는 것으로 알려져 왔다(西村裕一외 1, 1976). 그러나 최근에 소수의 학자들에 의하여 암석은 포아송비가 다양하게 변한다고 한다(Mostyn, Bagheripour, 1995;Ord, Vardoulakis, Kajewski, 1991).

그러나 지금까지 터널 설계 및 안정성 평가를 함에 있어서 암석을 등방 균질하다는 전제 하에서 포아송비를 하나의 값으로 도출하여 이를 활용하고 있으며, FEM 해석에 의하여 지중응력을 계산할 때 포아송비를 상수로써 풍화암은 0.30, 연암은 0.28, 경암은 0.25로 사용하고 있다(지반공학 시리즈 7터널, 1996). 이는 모두 겉보기 포아송비에 불가하다고 생각되며, 의성 소분지에 분포하는 사암과 셰일이 포아송비가 응력에 따라 어떤 변화성을 갖는지에 대하여는 발표된 것이 적다. 본 논문에서 응력과 종축 변형률, 횡축 변형률( $\sigma \sim \epsilon_x, \epsilon_l$ ) 곡선(그림1)과, 횡축 변형률~종축 변형률( $\epsilon_l \sim \epsilon_x$ ) 곡선(그림2)에서 점선 포아송비( $\nu$ )와 할선 포아송비( $\nu$ )를 도출하여, 이들 포

아송비가 응력( $\sigma$ )의 함수 관계에 있으며, 이로 인한 포아송비의 변화 양상을 제시하고자 한다.

이 연구에 사용된 시료는 의성 일대에 분포하는 백악기 사암과 셰일이다.

## 암석의 물성

기본 물성 시험으로 건조 단위 밀도, 자연 함수비, 간극률을 측정하였다. 이들 물성 시험을 위하여 시료를 채취한 후 상대 습도 약 90%되는 지하실에서 15일 정도 방치한 후, 무게를 측정하고, 시료만의 질량 측정을 위해 105°C에서 24시간 이상 방치하여 시료 내의 유효공극 속에 함유된 습기를 완전히 증발시킨 후, 공기 속의 수증기가 스며들지 않도록 비닐 봉지에 넣어서 무게를 측정하였으며, 시료를 물에 넣은 후 물통을 진공 용기 속에 넣어 진공을 가하여 포화시켰다. 물 속에 있는 시료를 약간 젖은 물수건으로 시료의 표면을 닦은 후 물의 증발을 막기 위하여 비닐 봉지에 넣은 후 무게를 측정하였다. 물 속에서 시료의 무게를 측정하여 시료의 부피를 측정하였다. 이들 시험 값들은 10개의 시료 측정값을 평균한 값으로 표1과 같다. 건조 단위중량은 사암이 셰일보다 크며, 공극률은 사암이 셰일보다 작다.

Table 1. Physical properties of the Cretaceous sandstones and shale.

Sample	$\rho_d$ (kg/m <sup>3</sup> )	n (%)	W (%)
sandstone	2,564	4.041	1.580
shale	2,524	4.652	0.534

## 암석의 역학 시험

시험 기기 및 방법

역학 시험을 위한 압축기는 ELE compact-1500 (최대 하중 200톤) 영국 제품이고, 변형을 증폭기 (0.001mV/10V), 하중 계측기(최대 하중 100톤), 16비트 A/D 변환기, 컴퓨터, 운영 시스템 프로그램 및 자료 분석 프로그램 등이다. 특히 운영 시스템은 초기하중 단계에서 영점 조정이 자동적으로 이루어 지도록 설계하였다. 변형을 게이지(strain gauge, 분해능=10<sup>-6</sup>)는 일본 Sokky Kenkyujo회사 제품으로 FLA-6-11형을 사용하였다. 이 모든 시험은 경북 대학교 지질공학 실험실에서 수행되었으며, 이들의 모 식도는 1995년 발표된 “의성 소분지 백악기 사암의 역학적 변형성(정, 1995)” 것과 동일하다. 또 실험 중 시료의 온도나 습도의 영향을 줄이려고 시료를 일정 기간 실내에서 보존한 후 시험을 하였다. 최근에 많이 사용하고 있는 것으로 저항 계측기(resistance strain gauge)에서 신호를 증폭기를 통하여 증폭된 신호를 A/D 변환기를 통하여 디지털(digital) 신호로 변환시켜 이를 컴퓨터를 통하여 값을 얻는 방법을 사용하였다.

**압축 강도 및 변형 시험**

시험을 위한 시료는 퇴적암은 층리면에 수직 방향으로 직경 3.0cm, 길이 6.2cm의 원주형 시편을 제작 하였다. 본 연구에서는 1축압축 시험을 통하여 응력에 따른 종축 변형률( $\epsilon_z$ )과 횡축 변형률( $\epsilon_l$ )을 측정 하였으며, 포아송비 및 탄성률(Young's modulus) 등을 산정 하였다.

Table 2. Stress( $\sigma$ ), strain( $\epsilon$ ), secant Poisson's ratio( $\nu$ ) and Young's modulus(E) in elastic region for sandstone and shale.

Sample	$\sigma$ (MPa)	$\epsilon_y$ ( $\times 10^{-6}$ )	$\epsilon_x$ ( $\times 10^{-6}$ )	$\nu$	E( $\times 10^4$ ) (MPa)
sandstone	85	4237	953	0.225	2.006
	83	4252	948	0.223	1.952
	80	3859	837	0.217	2.073
	80	4171	888	0.213	1.918
shale	57	6630	1598	0.241	0.808
	38	5211	1308	0.251	0.783
	35	4885	1275	0.261	0.651
	28	3927	943	0.240	0.713

암석이 하중에 의하여 파괴될 때의 강도( $\sigma_c$ )값은 상당히 많은 요소에 의하여 지배되고 있으며, 특히 하중 속도, 미세 균열의 분포, 암석의 이질성, 시료의 크기 등 많은 요소에 의하여 지배되고 있다(Martin 외 3, 1993). 그래서 본 논문에서는 모든 시료를 하중 증가 평균 속도 4.5MPa/min으로 상온에서 시험을 실시하였으며, 이들 값은 표 2와 같고,  $\sigma_c \sim \epsilon_z$ ,  $\epsilon_l$  곡선도는 그림1과 같다.

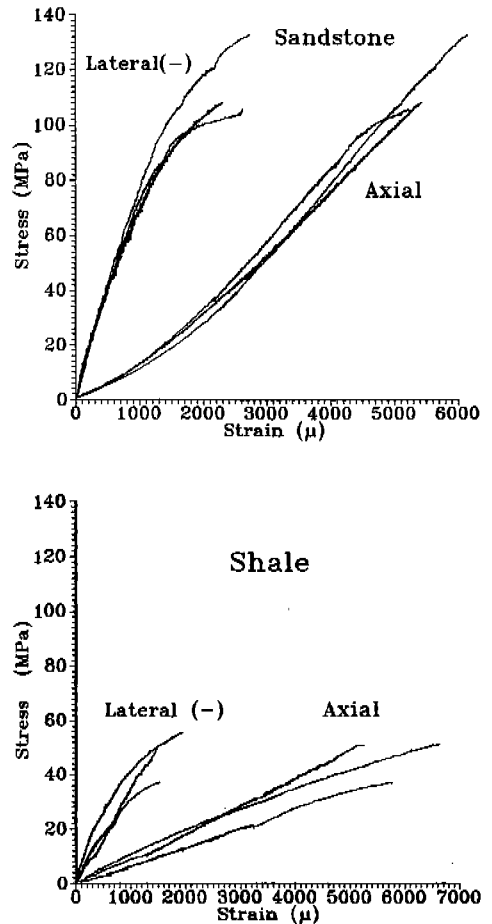


Fig. 1 Stress( $\sigma$ )-strain( $\epsilon$ ) curves for Cretaceous Sandstones and Shale in the Euseoung Subbasin.

토의 및 고찰

종 변형률에 대한 횡 변형률의 관계

암석에 압축 응력이 가해지면 응력축에 평행한 방향으로 압축 변형(수축 변형)이 생기고 이의 직교 방향에는 인장 변형(신장 변형)이 발생한다. 본 연구 대상 암석인 사암과 셰일의 시편을 사용하여 일축 압축 시험 결과를, 종축에 횡 변형률( $\epsilon_l$ ), 횡축에 종 변형률( $\epsilon_x$ )을 도시하면 그림 2와 같다.

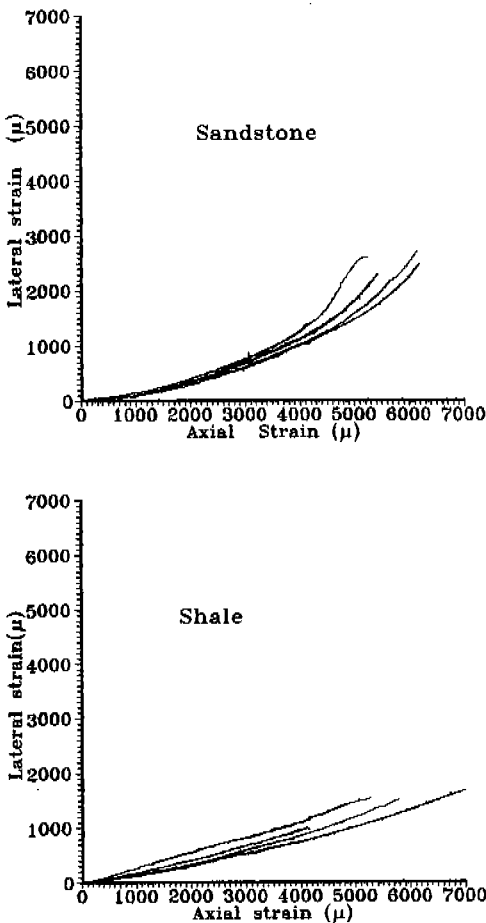


Fig. 2 Axial strain( $\epsilon_x$ )-lateral strain( $\epsilon_l$ ) curves for Crétaceous Sandstones and Shale in the Euisoung Subbasin.

그림2에서 하중 10MPa에서부터 종 변형률이 증가할수록 횡 변형률도 증가하며, 증가율도 커지고 있다. 그러므로 정도의 차이는 있으나, 실험한 시료 모두 종축 변형률( $\epsilon_x$ )이  $500 \sim 3000 \times 10^{-6}$ 까지는 대체로  $\epsilon_l = a\epsilon_x + b$ 형인 1차 함수 경향을 보이며,  $3000 \times 10^{-6}$  이상에서부터  $\epsilon_l = c\epsilon_x^2 + d\epsilon_x + e$ 형인 2차 함수 곡선을 보이고 있다. 여기서  $a$ 는 1차 함수의 기울기로서 포아송비( $\nu$ )가 되며,  $b$ 는 절편으로서 그림3에서와 같이 하중 10MPa에서부터 절편의 크기가 결정되었다. 절편  $b$ 가 0이 아닌 것은 초기 하중(10MPa)에서 종축이 수축될 때 횡축의 변형이 잘 일어나지 않았기 때문이다. 그러므로  $b$ 값은 종축 방향에 직각인 선재 열극이 폐합될 때 종축은 수축 변형이 일어나지만 횡축 변형은 일어나지 않은 것이 주된 원인으로 생각된다.  $b$ 값의 크기는 선재 열극의 양이 여러 원인 중에 주된 원인으로 추정되는 바 앞으로 많은 연구가 수행되어야 할 것이다. 그리고  $c$ 는 2차항의 계수로서 2차 함수 곡선의 정도를 나타내는 바 이의 주된 원인이 입자의 균일성에 관계되는 것으로 추정된다. 즉 본 연구 대상 시료의 사암은 분급도가 낮고, 셰일은  $\frac{1}{256}$ mm이하로 비교적 균일한 입자로 구성되어 있다. 이 역시 더 많은 연구가 필요하다고 생각된다. 이들의 상수 값을 찾기 위하여 회귀곡선(regressive curve)을 추적하면 다음과 같다.

$$S.S : \epsilon_l = 0.214 \epsilon_x - 68.7$$

$$(\epsilon_x \leq 3000 \times 10^{-6}) (R : 0.95)$$

$$Sh : \epsilon_l = 0.194 \epsilon_x - 30.0$$

$$(\epsilon_x \leq 3000 \times 10^{-6}) (R : 0.97)$$

$$S.S : \epsilon_l = 1.509 \times 10^{-2} \epsilon_x^2 - 0.741 \epsilon_x + 1568$$

$$(\epsilon_x \geq 3000 \times 10^{-6}) (R : 0.998)$$

$$Sh : \epsilon_l = 3.633 \times 10^{-5} \epsilon_x^2 + 0.0123 \epsilon_x + 231$$

$$(\epsilon_x \geq 3000 \times 10^{-6}) (R : 0.999)$$

(S.S : 사암, Sh : 셰일, R : 상관 계수)

이상에서 본 바와 같이 종축 변형률이  $500 \sim 3000 \times 10^{-6}$  사이에서는 포아송비가 하나의 값으로 존재할 수 있는데, 이 구간에서 사암은 0.191, 셰일은 0.184이다. 종축 변형률이  $3000 \times 10^{-6}$  이상에서는 2차 함수로서 나타나는데, 2차항의 계수  $C$ 의 크기는 사암이  $1.51 \times 10^{-2}$ 이 나, 셰일은 2차항의 계수가 0

에 가까운 작은 수로서,  $3.633 \times 10^{-5}$ 로서 무시될 수 있을 정도로 매우 작은 값으로 나타나는 것은 직선에 가까운 곡선이기 때문이다. 그러므로 2차항의 계수는 곡선의 정도를 나타내는 것으로 값이 클수록 심한 곡선이 된다. 이 곡선의 기울기가 포아송비가 됨으로 곡선 정도가 클수록 포아송비의 변화가 다양함을 나타내며, 직선에 가까울수록 포아송비의 변화가 작음을 나타내고 있다. 이의 원인은 본질적으로 암석의 이방성에 기인되나, 실질적으로 사암의 시료와 셰일의 시료는 크게 2가지로 확연하게 구분되는 바 그 하나는 입자의 크기이며, 둘째는 입자의 균일 정도이다. 그러므로 이 두 가지가 주된 원인으로 생각된다. 셰일처럼 분급이 좋을수록, 입자가 작아 공극의 크기가 작을수록, 전체 열극이 적을수록 직선에 가까울 것으로 생각된다.

### 포아송비의 다양성

본 실험에서 종 변형 량에 따른 횡 변형 량의 비는 그림2에서 사암은 곡선을 나타내고, 셰일은 직선에 가까운 곡선을 나타내고 있다. 그러므로 2종류의 암석 시료 모두 정도의 차이는 있으나, 직선이 아닌 곡선이 되므로 접선 기울기와 활선 기울기가 다르게 나타나며, 또한 탄성 한계 내에서도 포아송비는 하나의 값이 아닌 압력의 크기에 따라 연속적으로 변하는 다양한 값이 됨을 알 수 있다. 포아송비를 도출하는 방법에는 그림1을 이용하는 방법과 그림2를 이용하는 방법이 있는데, 그림2를 이용하는 방법이 그림1을 이용하는 것보다는 좀더 간단하다. 그림2에서 활선 포아송비와 접선 포아송비를 도출할 수 있다. 활선 포아송비는 횡축의 변형률에 대응 대는 종축의 변형률로 나눈 값이 되므로 비교적 구하기가 쉬우나, 접선 포아송비 ( $de_t/de_x$ )는 그림2에서 가장 상관관계가 높은 회귀곡선을 추적하여 이 회귀곡선 식에서 미분계수를 이용하는 것이므로 회귀곡선의 상관관계 계수(R)가 1에 가까운 곡선을 얻어야 하는 주의를 요하게 된다. 그림2는 시험 자료가 4000~36000개의 자료가 점시되어 이루어진 곡선이므로 상관관계가 높은 회귀곡선을 도출하는데 어려움은 없었으며, 매우 신뢰도가 높은( $R=0.9\sim0.997$ ) 회귀곡선을 얻을 수가 있었다.

또 그림1을 이용하여 포아송비를 도출하는 방법은 압력( $\sigma$ )~변형률( $\epsilon$ ) 곡선을 이용하는 것으로 이 역시 2가지 방법이 있다. 첫째는 압력( $\sigma$ )~변형률( $\epsilon$ )

곡선에서 종 변형률의 활선 기울기  $\Delta\sigma/\Delta\epsilon_x$ =종 변형률의 활선 탄성률)값을 횡 변형률의 활선 기울기 ( $\Delta\sigma/\Delta\epsilon_t$ =횡 변형률의 활선 탄성률) 값으로 나눈 방법( $\Delta\epsilon_t/\Delta\epsilon_x$ )과 종 변형률의 접선 기울기( $d\sigma/d\epsilon_x$ =종 변형률의 접선 탄성률) 값을 횡 변형률의 접선 기울기( $d\sigma/d\epsilon_t$ =횡 변형률의 접선 탄성률)의 값으로 나눈 방법( $de_t/de_x$ )이 있다. 이 역시 상관 계수(R)가 1에 가까운 회귀곡선 식을 구하여야 된다.

이 2가지 방법 중 그림2에서 활선 기울기를 이용한 포아송비와 그림1에서 활선 기울기를 이용한 활선 포아송비는 탄성 구간에서는 대체로 비슷한 양상을 보인다. 그러므로 그림1을 이용하는 것 보다 그림2를 이용하는 것이 훨씬 간편하다. 그림1과 그림2에서 활선 기울기를 이용하여 측정된 포아송비보다 접선 기울기를 이용하여 측정된 포아송비가 측정되어 어려움은 있으나, 응력의 한 시점에서 암석의 실제 포아송비에 더 가까운 값이 된다.

그림3은 횡축에 압력( $\sigma$ ), 종축에 그림2에서 활선 기울기를 이용한 포아송비를 도시한 것으로, 이는 시료에 하중이 가해진 후부터 파괴 시점까지를 도시한 것이다. 이 그림에서도 1차 함수적으로 완만히 증가하는 탄성 한계 내( $E\sim P$ )(10MPa~95MPa)와 곡선형으로 변하는 탄성 한계 밖(약 95MPa~133MPa)이 구분됨을 볼 수 있다. 그림4는 횡축에 압력( $\sigma$ ), 종축에는 그림2에서 접선 기울기를 이용한 포아송비를 도시한 것이고, 그림5는 횡축에 압력( $\sigma$ ), 종축에는 그림1에서 접선 기울기를 이용한 포아송비를 도시한 것으로, 이들 모두 탄성 한계 내( $E\sim P$ )에서는 포아송비가 압력에 함수 관계에 있음을 나타내고 있다. 그러므로 비 등방 불 균일한 암석은 포아송비가 하나의 값이 아닌 압력에 따라 다양하게 변하는 압력의 함수 관계에 있다. 그림3,4,5는 모두 시료에 하중이 가해진 후부터 파괴 시점까지를 도시하므로 포아송비가 1차 함수적으로 완만히 증가하는 탄성 영역(P)과 2차 내지 다차 함수적으로 증가하는 비 탄성 영역이 확연히 구분되고 있다. 그러므로 비탄성 영역의 값은 포아송비로서 가치가 없음을 알 수 있다. 특히 그림4와 5가 더욱 확실히 구분되고 있다. 그러므로 2차 곡선으로 급격히 증가하는 P지점 이상에서는 포아송비로서는 가치가 없다 할 수 있다. 탄성 한계 구간이 활선 포아송비를 표시(약 10~95MPa)한 그림3과, 접선 포아송비를 표시한 그림4와 5에서 탄성 영역은 10~85MPa로서 약간의 차이가 남을 볼 수 있다.

포아송 계수

암석에 외력이 가해지면 변형이 일어나고, 이때의 종 변형률( $\epsilon_z$ )과 횡 변형률( $\epsilon_l$ )과의 관계를 포아송비( $\nu$ )라 하고,  $\epsilon_l = \epsilon_{2l} = -\nu \epsilon_z = -\nu \frac{\sigma_z}{E}$ 의 관계에 있다. 시료가 원주형이므로  $\epsilon_{2l} = \epsilon_{2r}$ 된다. 그러므로 포아송비는  $(\frac{\epsilon_l}{\epsilon_z})$ 로 표시된다. 강철과 같은 비교적 균질 등방체인 경우는 탄성 한계 내에서 하중에 관계없이 종 변형률 ( $\epsilon_z$ )과 횡 변형률 ( $\epsilon_l$ )과의 관계가 1차 함수의 관계가 되므로 포아송비가 하나의 값이 존재하지만, 불 균질하고 비 등방적인 암석에서는 그림2와 같이 직선이 아닌 곡선으로, 횡 변형률과 종 변형률의 관계가 다차 함수로 나타나므로 압력에 따라 포아송비가 변하고 있다. 포아송비를 도출하는 방법에 관계없이 포아송비와 응력과의 관계는 그림3과 그림4에서 모두 하중 초기에는 약간의 차이를 볼 수 있으나, 하중이 10MPa 정도 이상에서는 하중 증가에 따라 완만히 상승하고 파괴강도 65~75%인 P점 이후부터는 급격한 기울기를 갖고 증가하여 파괴에 이르고 있음을 볼 수가 있다. 이 급격하게 증가하는 구간은 탄성 영역을 벗어난 구간으로, 이 구간에서의 포아송비는 쓸모없는 무의미한 값이 된다 할 것이다. 왜냐하면 포아송비는 탄성 영역 안에서만 적용되기 때문이다. 그러므로 사람은 10MPa 이후부터 파괴강도 약 65%인 P점까지는 대체로 1차 함수적으로 증가하기 때문에 탄성 영역이라 할 수 있다. 반면에 셰일은 약 5MPa부터 파괴 직전 56MPa까지 직선에 가까운 1차 함수적으로 증가함으로 대체로 탄성 변형을 하고 있음을 알 수 있다. 그림3은 측정이 비교적 간단한 할선 포아송비를 압력과의 관계를 나타낸 것이고, 그림4와 그림5는 접선 포아송비를 압력과의 관계를 나타낸 것으로 매우 정확하지만 측정이 까다로우며, 복잡하다. 그러나 탄성 한계내에서의 포아송비는 그림3과 4와 5가 대체로 비슷한 유형으로 변하고 있으므로 시료의 상대적인 크기를 비교 할 때는 비교적 간단한 할선 포아송비를 사용함이 편리하리라 생각된다. 그림3과 4와 5에서 급격히 상승하는 구간은 균열 전과 영역 즉 내부 팽창 영역(불완전 파괴 구간)이 된다. 이 구간에서는 그림3과 4와 5가 P점으로 확연히 구분되며, 그림4와 5에서 더욱 선명하게 잘 나타나고 있다. 따라서 완만히 상승하는 구간이 이 암석의 탄성 한계내에 대한 포아송비가 될 것이다. 이 완만히 상승하는 탄성 변형 구간을 식으로 나타내면

$$\nu_l = \nu_0 + P\sigma$$

로 표시된다. 여기서  $\nu_l$ : 탄성 한계내에서 포아송비,  $\nu_0$ : 탄성 한계내에서 초기 단계 포아송비, P는 정수로서 포아송 계수라 할 수 있다. 즉 포아송비는 포아송 계수 P에 지배되고 있다. 또 이 P는 변형 거동성을 지시하는 계수이므로 포아송비보다도 더욱 중요한 지시 계수라 할 것이다. 그러므로 P는 종축의 변화에 따라 횡축의 변화 정도를 나타내는 물질 정수로서 P값이 클수록 종축의 변화량에 따라 횡축의 변

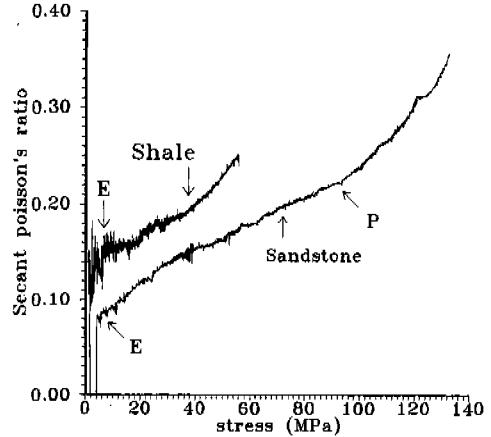


Fig. 3 Relation between stress( $\sigma$ ) and secant poisson's ratio( $\nu$ ).

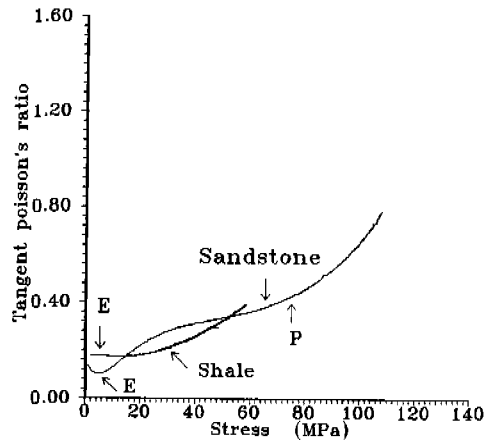


Fig. 4 Relation between stress( $\sigma$ ) and tangent poisson's ratio( $-\nu = d\epsilon_l/d\epsilon_z$ ).

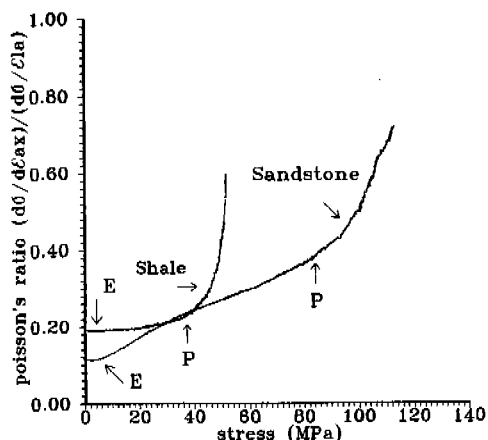


Fig. 4 Relation between stress( $\sigma$ ) and tangent poisson's ratio  $(d\nu/d\varepsilon_1)/(d\sigma/d\varepsilon_1)$ .

Table 3. Poisson's ratio( $\nu_0$ ) and Poisson's coefficient(P).

sample	$\nu_0$	$\sigma$ ( MPa )	P ( $\times 10^{-3}$ )	$\nu_t$
sandstone	0.093	85	1.483	0.209
shale	0.124	58	2.015	0.241

화강이 크게 변하는 것을 지시하는 정수가 된다. 각 암석별 포아송비( $\nu_t$ )와 포아송 계수 P는 표3과 같다. 여기서  $\sigma \sim \nu$ 곡선(그림3과 4)을 보면 기울기 값 P는 달라도 모두 같은 유형을 하고 있다.

### 결 론

동방 균일한 물체와는 달리 암석의 포아송비는 압력에 함수 관계에 있으며, 약 10MPa 이상에서는 시료 대부분 압력이 증가할수록 완만히 상승한 후 파괴 강도 65~75% 부근에서부터 급격히 증가하고 있다. 이 구간은 탄성 한계 범위를 벗어난 것으로 포아송비로서는 가치가 없다고 할 수 있다. 그리고 횡변형률( $\varepsilon_2$ )과 종 변형률( $\varepsilon_1$ )의 관계는 셰일은 대체로 직선에 가까운 곡선을 보이나, 사암은 2차 함수에 가까운 다차 함수의 곡선을 보이고 있다. 이들 곡선의 기울기가 포아송비가 된다. 그러므로 이들 곡선이 직선에 가까울수록 포아송비는 대체로 비슷하여 압력에 비교적 영향을 적게 받는 하나의 값으로 대

표 값을 취할 수 있으나, 사암은 곡선으로서 하나의 값으로 포아송비를 대표 할 수 없음을 알 수 있다. 또 곡선 정도는 암석의 균일성에 관계되는 것으로 곡선 정도가 클수록 입자의 크기가 불 균일함과 선제 열극의 량을 나타내는 것으로 생각된다. 그리고 응력( $\sigma$ )과 포아송비( $\nu_t$ )와의 관계에서 1차 함수적으로 포아송비가 완만히 상승하는 구간의 탄성 한계 내에서 포아송비를 나타내면,  $\nu_t = \nu_0 + P\sigma$ 로 나타난다.

### 참 고 문 헌

- 정태종, 김영기, 1995, 의성소분지 백악기 사암의 역학적 변형성. 지질학회지, 31, 529-545.
- 지반 공학 시리즈 7터널, 1996, 터널 해석 및 안전성 평가, 사단법인 한국지반공학회, 135-215
- Bieniawski, Z.T. and Van Heerden, W.L., 1975, The significance of in situ tests on large rock specimens. Int.J.Rock Mech.Min. Sci. & Geomech. Abstr, 12, 101-113.
- Cook, N.G.W., 1967, A Study of the strength of coal pillars by M.D.G.Salamon and A.H. Munro.J.S. African Inst. Min. Metall., 68.192-195.
- Gimm, W.A.R., Richter, E. and Rosetz, G.p., 1966, A study of the deformation and strength properties of rocks by block tests in situ in iron ore mines (in German).Proc.1st Cong. Int.Soc. Rock Mech., Lisbon, I, 457-463.
- Jahns, H., 1966, Messung der Gebirgsfestigkeit in situ bei wach sendem Massstabserh ltnis.Proc. 1st Cong. Int.Soc.Rock Mech., Lisbon, I, 477-482.
- Lama, R.D., 1966, A comparison of in situ mechanical properties of coal seam. Col.Eng., 20-25.
- Martin. R.H., Price.R.H., Boyd.P, J and Noel.J.S., 1993, The influence of strain rate and sample inhomogeneity on the moduli and strength of welded Tuff. Int.J.Rock Mech.Min.Sci.& Geomech.Abst. 30, 1507-1510.
- Mostyn, R., Bagheripour, M.H., 1995, A new model material to simulate rock. Mechanics of jointed and faulted rock, Balkema, Rotterdam., 228-229.

정태종

- Ord, A., Vardoulakis, I., Kajewski, R., 1991, Shear band formation in Gosford sandstone., Int. J. Rock Mech.Sci. & Geomech.Abstr.Vol.28, No.5, 402p.
- Pratt.H.R., Broen, W.S.and Brace, W.F., 1970, In situ determination of strength properties in a quartz diorite rock mass. Proc. 12th Symp. Rock Mech., Rolla. Missouri.27-43.
- 山口梅太郎, 西松裕一, 1971, 岩石力學入門, 26p, 東京大學 出版部.

---

정태종  
서울특별시 서초구 방배동 858-1번지  
영진빌딩  
대명지질  
TEL : 02)594-2437~8  
우 137-060