

개량형 점하중시험기에 의한 암석강도 측정에 관한 연구

석재욱^{1)*} · 엄정기²⁾ · 김용필³⁾

1. 서 론

암석의 일축압축강도를 추정할 수 있는 점하중시험기는 구조와 사용법이 아주 간단하고, 축적된 자료도 비교적 많아서 널리 이용되고 있다. 다만, Conical Platens의 경도(HRC 58)와 재하점의 구경(10 mm로 연마)에 따라 기계적인 오차가 발생될 수 있다. 현재까지 시험기 사용상의 개인차는 거의 없으나, 재하점간의 거리는 매우 모호하다. 일반적으로 NX 규격의 코어 시료로 시험하는데, 재하점간의 거리(D_e , point-to-point)는 재하점이 접촉된 곳이 아니라 시험 전 시료로부터 측정된 거리를 사용한다. 코어인 경우에 재하점간의 거리가 지름보다 작은 곳에서 파단면이 형성되는 경우가 대부분이며, 점과 점 사이 중심축의 일치성(coaxial fitting)에서 문제가 발생한다. 또한 기존의 시험기는 압력게이지를 통해서 시료에 가해지는 하중을 산정하기 때문에 정확하지 못할 수 있다는 단점이 있다. 본 연구에서는 재하점간의 거리를 자동으로 측정하기 위한 디지털게이지를 부착하고 jacking guider에 linear bearing 장착 및 하중 측정용 로드셀을 장착하는 방식으로 기존의 점하중시험기가 가지는 단점을 보완한 점하중시험기(그림 1)를 개발하였다. 개발된 개량형 점하중시험기의 적용성을 검토하기 위해서 퇴적암(적색셰일, 흑색셰일), 편마암, 화강암, 염기성맥암 등의 시료에 대하여 실내 UTM에 의한 일축압축시험과 점하중시험 결과를 비교·분석하였다.

2. 연구결과

개량형 점하중시험기의 개형은 그림 1과 같다. 로드셀에 직접적으로 받는 하중은 jacking 펌프에서 발생한 유압보다 5% 정도 낮게 나타났다. 정밀한 linear bearing으로 축을 유지하여도 jack의 rod에서 마찰저항이 있음을 감안하면 개발된 시험기의 성능은 기계적으로도 우수하다고 판단된다. 또한, 개발된 시험기는 데이터로거를 사용하여 하중 및 점간거리를 실시간으로 측정할 수 있으며 부정형 시료(그림 2)에 대해서도 점하중 강도지수를 쉽게 산정할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 점하중시험 전 측정된 점간의 거리(D)와 압력센서에 의한 파괴 시 하중 등을 고려한 기존의 방법론을 사용하여 점하중지수 $IS_{1(50)}$ 을 산정하였으며, 더불어 파괴 시 점간의 거리(D')과 로드셀에 의한 파괴 시 하중에 대한 점하중지수 $IS_{2(50)}$ 을 산정하였다.

편마암 A의 경우, 코어 시료를 사용하여 코어의 축방향(\perp) / 반경방향(\parallel)으로 각각 10/50회의 점하중 시험을 실시하였으며, 편마암 B는 17/17회, 화강암은 14/40회, 염기성맥암은 5/12회, 적색셰일은 10/10회, 흑색셰일은 14/17회의 시험을 실시하였다. 전체적으로 파괴 시

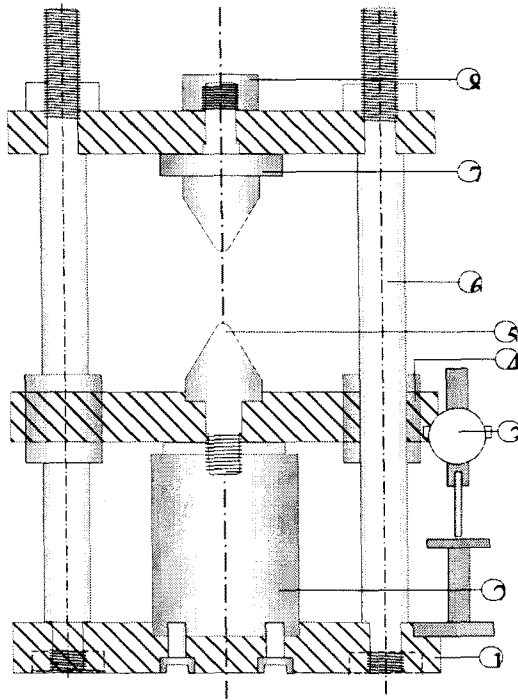
주요어 : 개량형 점하중시험기, 점하중 강도지수, 일축압축강도

1) 부경대학교 환경탐사공학과 (stonely@pknu.ac.kr)

2) 부경대학교 환경탐사공학과 (jum@pknu.ac.kr)

3) 울산과학대학 공간디자인학부 (ypkim@mail.ulsan-c.ac.kr)

의 point 관입 깊이를 고려한 점하중지수 [$Is_{2(50)}$]는 point 관입깊이를 고려하지 않은 점하중지수 [$Is_{1(50)}$]에 비하여 낮은 것으로 나타났다.



- ① Support base
- ② Hyd. jack
- ③ Dial gage(2 ea.)
- ④ Linear bearing
- ⑤ Conical platens
- ⑥ Support/Guide rod
- ⑦ Load cell
- ⑧ Tighten nut

그림 1. 개량형 점하중시험기

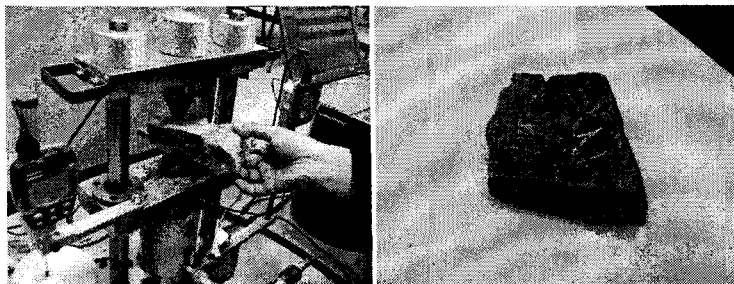


표 1. 일축압축시험 결과

암종	σ_c (평균)
편마암 A	113 MPa
편마암 B	82 MPa
화강암	143 MPa
염기성맥암	60 MPa
흑색 셰일	99 MPa

그림 2. 부정형 시료에 대한 점하중시험

퇴적암의 경우 시험방향에 따라 상당히 큰 차이를 보이는데, 이는 층리에 의한 이방성 때문인 것으로 판단된다. 염리의 빈도가 상대적으로 낮은 편마암A와 높은 편마암B의 경우에는 염리의 발달 상태에 따라 점하중지수의 차이를 나타냈다.

점하중지수 산정 시 사용한 각 암종에 대해 실내 UTM을 사용하여 일축압축시험을 4회 이상 실시한 후 산정된 평균 일축압축강도(σ_c)가 표 1에 수록되어 있다. 각 암종에 대한 점하중지수와 일축압축강도와의 비를 산출한 결과 모든 암종에서 코어의 축방향에 대한 비가 반경방향에 대한 비보다 크게 나타났다. 특히 적색 셰일과 흑색 셰일에서 그 차이가 상당히 크게 나타나는데 이는 층리에 의한 이방성의 영향이 크게 작용한 것으로 사료된다.

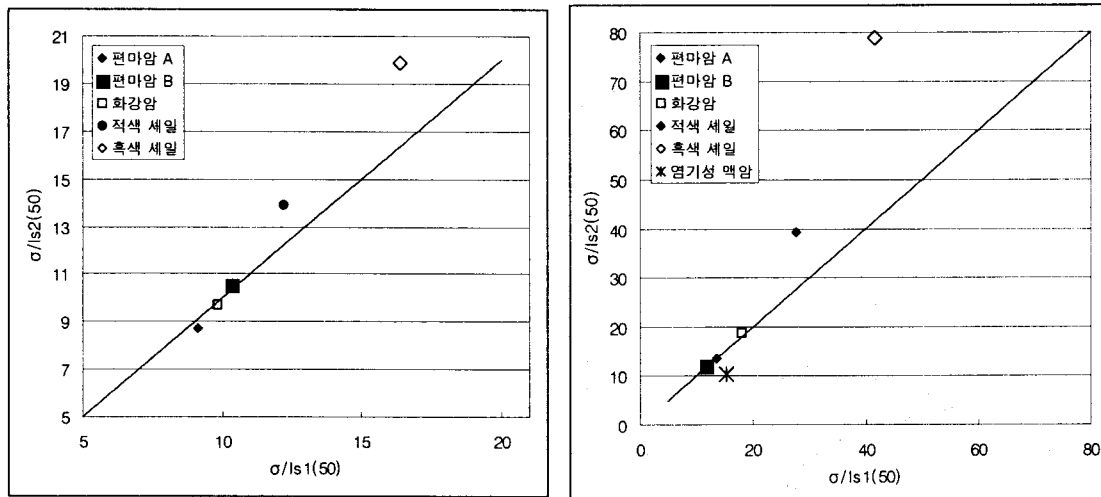
편마암과 화강암의 경우 $\sigma_c/Is_{1(50)}$ 과 $\sigma_c/Is_{2(50)}$ 의 차이가 코어 축방향의 경우 0.1~0.4, 반경방향의 경우 0~0.6으로 다소 낮게 관찰되는 반면 염기성 맥암, 적색 셰일, 흑색 셰일에서는 코어 축방향의 경우 1.7~3.5, 반경방향에서는 4.9~37.3의 범위이다(표 2). 이에는 재하점 간의 거리(D 또는 D')와 압력센서 또는 로드셀에 의해 산정되는 점하중지수가 다르며, 암석의 강도

가 낮을수록 차이가 크다는 것을 의미한다.

기존의 방법론에 의한 결과라 할 수 있는 $IS_{1(50)}$ 의 값은 본 연구에서 재하점 간의 거리와 하중을 정확히 고려한 $IS_{2(50)}$ 의 값보다 높게 나타났다(그림 3). 편마암A, 편마암B, 화강암과 같이 대체로 강도가 강한 시료의 경우 $IS_{2(50)}/IS_{1(50)}$ 의 비가 0.95~1로 상대적으로 높게 나타났지만 세일의 경우 $IS_{2(50)}/IS_{1(50)}$ 의 비가 0.53~0.96로 낮으며 편차 또한 큰 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 이방성을 갖는 암석이나 강도가 낮은 암석에서 파단면의 점간 거리(D')를 정확히 고려하는 것이 중요하다는 것을 시사한다.

표 2. 일축압축강도와 점하중지수의 관계

	$IS_{2(50)}/IS_{1(50)}$	$IS_{2(50)}/IS_{1(50)}$	$\sigma_c/IS_{1(50)} \perp$	$\sigma_c/IS_{2(50)} \perp$	$\sigma_c/IS_{1(50)} //$	$\sigma_c/IS_{2(50)} //$	(1)-(2)	(3)-(4)
	\perp	//	(1)	(2)	(3)	(4)		
편마암 A	1.05	1.00	9.10	8.70	13.70	13.70	0.40	0.00
편마암 B	0.98	0.95	10.32	10.54	11.66	12.24	0.22	0.58
화강암	1.01	0.97	9.80	9.70	18.10	18.70	0.10	0.60
적색 세일	0.96	0.70	12.20	13.9	27.80	39.40	1.70	11.6
흑색 세일	0.82	0.53	16.40	19.9	41.60	78.90	3.50	37.3
염기성맥암	.	1.23	.	.	15.30	10.40	.	4.90



(a) 축방향 (⊥)

(b) 반경방향 (//)

그림 3. 각 암종에 대한 $\sigma_c/IS_{1(50)}$ vs. $\sigma_c/IS_{2(50)}$

3. 결론

본 연구에서는 기존의 점하중시험기가 가지는 단점을 보완한 개량형 점하중시험기를 개발하고 현장 적용성을 검토하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 기존의 압력계로 읽는 방식을 배제하고 로드셀을 conical platen에 직접 설치하여 파괴 하중을 데이터 로거로 측정할 수 있도록 개량하였다.
- (2) 파괴시의 point 관입 깊이를 고려하여 재하점 간의 거리를 정확하게 측정할 수 있다.
- (3) 재하점 간의 거리 측정이 곤란한 현장의 블록시료에도 편리하게 사용할 수 있다.
- (4) 이방성 암석시료의 방향에 따른 점하중 강도지수를 비교적 정확하게 측정할 수 있다.

사 사

본 연구는 2004년도 건설핵심기술개발사업(04핵심기술 A01-01)의 일환으로 수행되었습니다.