

熱水変質岩の円柱(縦)点載荷強さと一軸圧縮強さとの関係

北見工業大学大学院工学研究科 学生会員 ○河野 勝宣
北見工業大学工学部社会環境工学科 正会員 前田 寛之

1. 緒 言

新鮮な岩石や熱水変質岩、風化岩などの変質岩の強さは、一般に、一軸圧縮強さによって評価される。しかし、岩体には断層や節理やクラックなどがあるため、露頭から一軸圧縮試験片を作製できる大きさの試料を得られないこともある。このようなときでも、点載荷強さ試験は、一軸圧縮試験に比べて小さな試料で、不定形で、フィールドでもおこなえ、岩石の強さを迅速に評価できるので、非常に有効である。さらに、点載荷強さから一軸圧縮強さを算出できれば、非常に便利であるとともに、コスト削減にもなる。

点載荷強さと一軸圧縮強さとの関係は、後者が前者の12.3~15.0 倍¹⁾、20~25 倍²⁾および24 倍³⁾であることが過去の研究で報告されている。しかし、いずれの事例も硬岩には成立するが、軟岩や中硬岩では全く成立せず、また、載荷方向、供試体の形状や寸法、点載荷強さの計算方法などが統一されていない。

この研究発表では、代表的な軟岩および中硬岩である熱水変質岩の円柱(縦)点載荷強さと一軸圧縮強さとの関係を明らかにすることを目的としておこなった試験結果について報告する。

2. 研究試料

研究試料である熱水変質岩は、北海道遠軽町生田原地域、北見市留辺蘂町旭西地域および弟子屈町奥春別地域(図-1)における古熱水地域の地表からハンマーなどを使って採集した砕屑岩、火砕岩およびデイサイト(石英安山岩)である。熱水変質鉱物は主に粉末X線回折試験によって同定し、熱水変質帯は、熱水変質岩の鉱物組合せに基づく、15 帯に分類できる(図-2)。

3. 研究方法

試験装置は、点載荷強さ試験装置(図-3A)および万能試験機を使用した。点載荷強さ試験供試体は、直径50 mm程度、高さ20 mm程度の円柱に(図-3B)、一軸圧縮試験供試体は、直径50 mm程度、高さ100 mm程度の円柱にそれぞれ成形した。供試体個数は、点載荷強さ試験1,747 個、一軸圧縮試験326 個である(表-1)。なお、ここでの強制乾燥状態は膨潤性粘土鉱物であるスメクタイトなどの結晶水が脱水されないと考えられる60±3℃で供試体を一定質量になるまで乾燥させた状態であり、強制湿潤状態は供試体を蒸留水に一定質量になるまで浸した状態である。

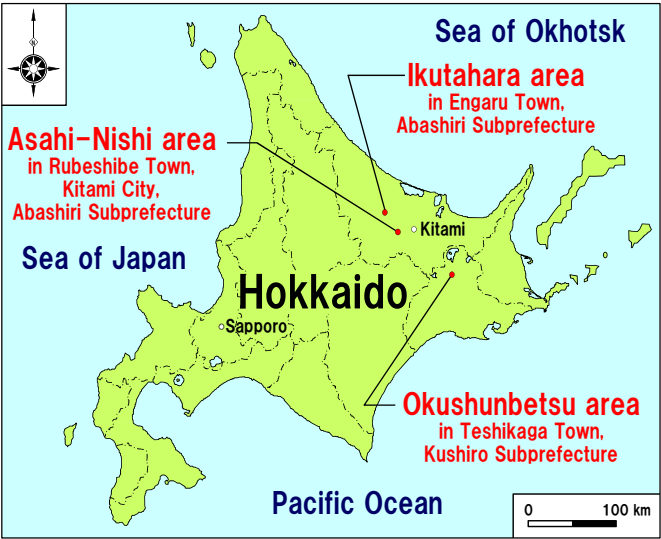


図-1 試料採集地域の位置図

Acid alteration zone group	Sulfate series	Alunite - opal zone		Alunite - quartz zone		
	Silicate series	Halloysite zone		Kaolinite zone	Dickite zone	Pyrophyllite zone
Neutral alteration zone group	K series	Smectite zone		Int. Ill/Smc zone	Illite zone	K-feldspar zone
	Ca-Mg series			Int. Chl/Smc zone	Propylitic zone	
Alkaline alteration zone group	Ca series	Stilbite zone		Heulandite zone	Laumontite zone	Wairakite zone
	Na series	Clinoptilolite zone	Mordenite zone	Analcite zone		Albite zone

□ : Hydrothermal alteration zones examined in this study.
Int. Ill/Smc zone: interstratified illite/smectite mineral zone.
Int. Chl/Smc zone: interstratified chlorite/smectite mineral zone.

図-2 熱水変質帯の分類 (Utada, 1980⁴⁾, 一部修正・加筆)

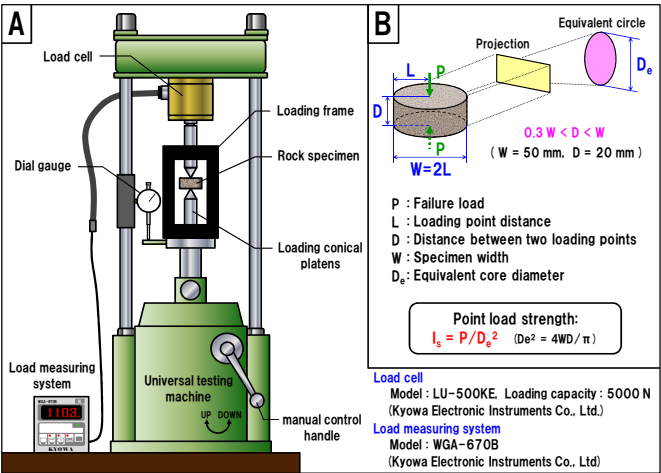


図-3 点載荷強さ試験装置(A)および供試体形状(B)

点載荷強さ I_p は、破壊荷重 P を等価コア径 D_e の2乗で除した式から算出した(図-3B)。

キーワード 円柱(縦)点載荷強さ、一軸圧縮強さ、熱水変質岩、軟岩、中硬岩、膨潤性粘土鉱物

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町165番地 北見工業大学大学院工学研究科 環境地質学研究室 TEL0157-26-9538

4. 結果および考察

熱水変質岩の点載荷強さは、強制乾燥状態におけるアルーナイトー石英帯デイサイトが4.85 MPa で最も大きく、次いでカリ長石帯細粒凝灰岩が4.64 MPa で大きい。一方、強制湿潤状態におけるスメクタイト帯軽石凝灰岩が0.06 MPa で最も小さく、次いでクローライト／スメクタイト混合層鉱物帯細粒凝灰岩が0.09 MPa で小さい。また、点載荷強さおよび一軸圧縮強さは、強制湿潤状態の方が強制乾燥状態より小さく、膨潤性粘土鉱物を含む試料は特に小さい。これは、スメクタイトなどの膨潤性粘土鉱物が強制湿潤状態によって膨潤したことが強さ低下に影響を与えたと考えられる。

円柱(縦)点載荷強さ I_s と一軸圧縮強さ q_u との関係は線形であり、強制乾燥状態および強制湿潤状態におけるこれらの関係式は、それぞれ、 $q_u = 13.5 I_s$ および $q_u = 15.3 I_s$ である(図-4)。また、強制乾燥状態および強制湿潤状態におけるこれらの相関係数はそれぞれ0.79 および0.86であり、いずれの状態においても非常に高い相関が見られる。

強制湿潤状態における円柱(縦)点載荷強さと一軸圧縮強さとの関係は、一軸圧縮強さが67.14 MPa のアルーナイトー石英帯デイサイトを除くとほぼ直線関係にあるが、強制乾燥状態においては、点載荷強さが1.5 MPa 以上になるとこれらの関係にばらつきが見られる。そこで、点載荷強さが1.5 MPa 以下のこれらの関係に注目すると、関係式は、 $q_u = 12.8 I_s$ であり、相関係数は0.80 である(図-4)。また、強制湿潤状態においては、点載荷強さが1.5 MPa 以下では、 $q_u = 13.1 I_s$ であり、相関係数は0.96 である(図-4)。したがって、点載荷強さが1.5 MPa 以下では、強制乾燥状態および強制湿潤状態における点載荷強さと一軸圧縮強さとの関係がほぼ同一であることから、両含水状態における試料を一括して扱った場合の関係式およびこれらの相関係数は $q_u = 12.9 I_s$ および0.90 であり、非常に高い相関が見られる。さらに、点載荷強さが1.5 MPa 以下では、フィールドにおける自然含水状態においてもこの関係式は適用できると考えられる。

点載荷強さ試験および一軸圧縮試験のばらつきは変動係数に基づいて評価され、ほとんどの供試体は、その変動係数による供試体個数を満足しているため、試料における岩石の強さの特徴を正確に捉えていると言える。

5. 結 言

- (1) 強制乾燥状態および強制湿潤状態における円柱(縦)点載荷強さ I_s と一軸圧縮強さ q_u との関係式は、 $I_s = 1.5$ MPa 以下では $q_u = 12.9 I_s$ であり、この関係式はフィールドにおける自然含水状態においても適用できると考えられる。
- (2) 今後、熱水変質岩以外の様々な軟岩および中硬岩領域の円柱(縦)供試体、さらにフィールドにおける不定形試料についての点載荷強さと一軸圧縮強さとの関係式が確立さ

表-1 点載荷強さ試験および一軸圧縮試験の供試体個数

Rock facies	Foced dry-state		Foced wet-state	
	Point load strength test	Uniaxial compressive test	Point load strength test	Uniaxial compressive test
Fine tuff	411	73	397	70
Medium tuff	3	1	4	1
Pumice tuff	120	33	117	32
Lapilli tuff	76	10	61	10
Welded tuff	92	16	95	16
Dacite	28	8	24	8
Tuffaceous mudstone	28	4	2	3
Tuffaceous sandstone	143	19	130	17
Tuffaceous conglomerate	8	2	8	3

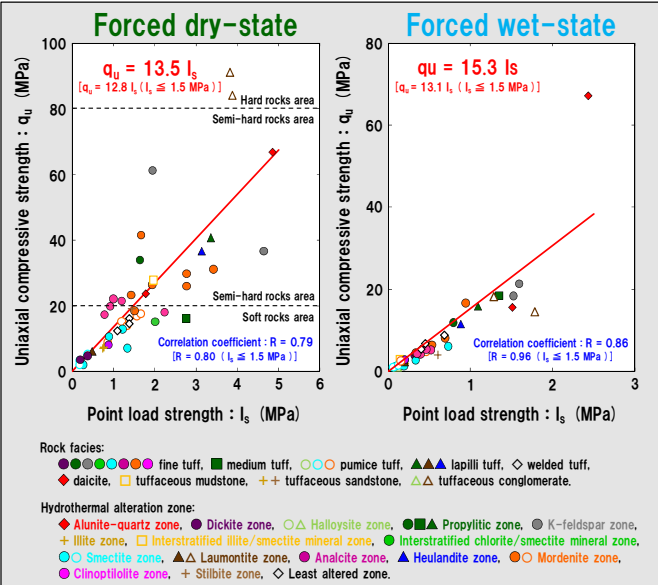


図-4 熱水変質岩の円柱(縦)点載荷強さと一軸圧縮強さとの関係

れると、点載荷強さ試験は、一軸圧縮強さ評価や岩盤分類に応用でき、また、地すべり(狭義)や崩壊などのハザードマップを作成する際にも岩石の強さの面からその精度をより高くすることができると考えられる。

謝辞：国立大学法人北見工業大学技術部平田広昭技術員および平松雅宏技術員には点載荷強さ試験装置を作製していただいた。同工学部土木開発工学科卒業生鳥谷部勇弥氏、小坂勇太氏および青木秀晃氏には室内試験にご協力いただいた。記して、以上の方々に厚くお礼申し上げる。

引用文献

- 1) 疋田貞良, 菊地昌博(1988) : 点載荷試験の実用性に関する一考察, 開発土木研究所月報, No.423, pp.30-41.
- 2) Brook, N. (1985): The equivalent core diameter method of size and shape correction in point load testing, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol.22, No.2, pp.61-70.
- 3) Broch, E. and Franklin, J. A. (1972): The point-load strength test, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol.9, No.6, pp.669-697.
- 4) Utada, M. (1980): Hydrothermal alterations related to igneous activity in Cretaceous and Neogene formations of Japan. In granitic magmatism and related mineralization (S. Ishihara and S. Takenouchi, edit.), Mining Geol. Spe. Issue, No.8, pp. 67-83.