

Ⅲ-19

ピン長の異なるブラシ型載荷板を用いた岩質材料の一軸圧縮試験

佐賀大学 正会員 ○ 石橋 孝治

1. はじめに

一軸圧縮試験法の概念は非常に簡単であるが、試験結果に大きく影響する要因が幾つかあることは衆知の通りである。このため、古くから多くの研究者がこれらの要因に関する研究を行って来ている。端面の摩擦問題についても同様であり、JISやASTMの基準は端面摩擦の影響の試験値への混入を許容しているとも解釈できる。本研究では端面での摩擦に由来する端面拘束を除去あるいは低減する方法の1つであるブラシ型載荷板の使用に注目した。Brownらが用いたブラシ型載荷板¹⁾を参考にしてこれを製作し、その機能と特性を実験的に検討して来ている²⁾。本報では引き続いて行ってきた実験の結果を報告する。

2. ブラシ型載荷板

本実験で製作し使用したブラシ型載荷板は、一辺が3.2mmの正方形断面で長さが76mmのピン400本を隙間なく縦横に20本ずつ束ねたものである。試験片の載荷面とピン頭面との間には摩擦が発生するが、ピン頭が試験片載荷面の側方への変形に追従して変形するため、試験片端面の拘束が解消されることになる。本ブラシ型載荷板ではピンは埋め込みではなく、はめ込み形の固定方法を採用しピン長の変化を可能とした。

3. 実験方法

本実験のパラメータは、載荷板の種類（剛板型とブラシ型の2種類）、ブラシ型載荷板のピン長（ $l=23, 33, 48\text{mm}$ の3種類）と試験片の直径高さ比（ $H/D, D=5\text{cm}$, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0の6種）である。岩質材料として50 MPa程度の一軸圧縮強度を持つセメントモルタルを採用した。材令90日における一軸圧縮試験の結果は50.5 MPaであった。直径30cm、高さ約25cmの円柱状のセメントモルタル塊を作製し、材令13週を待って $D=5\text{cm}$ のコアを抽出した後、所定の H/D を持つように試験片を加工し、各実験ケースについてそれぞれ3本ずつを供した。また、佐賀県多久産の玄武岩に対して実際に適用してみた。使用した一軸圧縮試験機はアムスラー型のモルタル試験機（最大載荷能力：196 kN）であり、毎秒490Nの荷重速度で載荷した。図-1にブラシ型載荷板を用いた試験の実施状況を示す。

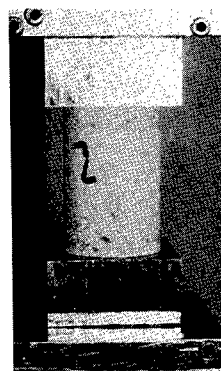


図-1 試験実施状況

4. 実験結果

本報告では、剛板を使用して $H/D=2.0$ の試験片から得られた極限強さを一軸圧縮強度（ σ_c ）と呼び、他は見かけの一軸圧縮強度（ σ_{cA} ）と呼ぶこととする。

(1) 岩石モデルの試験

表-1は各 H/D 毎の σ_{cA} の変動係数（ V ）と強度比（絶対： $\eta_s = \sigma_{cA} / \sigma_c$ ）をまとめて示したものである。なお、ここでは $\sigma_c = 52.5\text{ MPa}$ である。ブラシ型載荷板を使用した場合の一部に大きめの変動係数を与えたものがみられる。大きめの変動係数を与える場合は H/D が小さいケースに、またピン長が長くなると出現頻度が高くなる傾向が見受けられる。試験片数を7本あるいは5本としたこれまでの試験結果は剛板使用の場合にも十数%程度の変動係数を与えた場合も見られ、またこれらの t -検定による棄却率にも大きな違いは無く、岩石モデル自身のばらつき、新たに加わるブラシの耐圧面の管理がこの原因として考えられる。ピン長に係わらずブラシ型載荷板の使用により H/D の変化が σ_{cA} に与える影響が小さくなっていることが伺える。

σ_c との相対的変動が重要であることから、 η_s と H/D の関係を図-2にまとめて示す。剛板型載荷板を用いた場合、 H/D の減少に伴って η_s が大きくなるという既往の報告と同じ傾向を示している。一方、ブラシ型載荷板を用いた場合、 H/D が小さい領域における η_s の変化は一変している。同図中には参考のために $l=23\text{ mm}$ の場合（ $\sigma_c = 45.8\text{ MPa}$ ）の結果を短い破線で書き加えたが、ほぼ同程度の一軸圧縮強度であることから考察に加えることとする。特に H/D が小さい領域（2.0以下）において、 l が長い場合 σ_{cA} が過小に評価される傾

向を示しているのに対して、 l が短くなるとほぼ横ばいの傾向を示している。一方、 H/D が大きい領域（2.0以上）においては、緩やかな減少傾向を示すものの前者の様な著しい差異はない。ただし、 l が長くなると評価の精度が悪くなる傾向が見受けられる。これらの結果は、ブラシ型載荷板においては採用するピン長 l による影響が存在することを意味している。長いピン長はピン頭の側方への変形性を高めることになり、載荷荷重の増加に伴ってピン頭間に無視出来ない程の隙間を生じせしめるものと考えられる。Brownらが石膏（ $\sigma_c = 46.6$ MPa程度）を用いて行った結果¹⁾では、 $l = 1.06''$ （約27mm）を採用しほぼフラットな関係を得ている。本実験では $l = 33$ mmの場合が最もフラットな関係を与えているが、 $l = 23$ mmの場合との優位関係を現状では評価し難い。

H/D が1.0～2.5の範囲の試験片においては、剛板型載荷板を用いた場合にはコーン状の薄片を生じたり対角線に沿って破断する破壊形式が、ブラシ型載荷板を用いた場合には軸方向に縦割れする破壊形式が数多く観察された。このような破壊形式の変化は、ブラシ型載荷板の使用により載荷面近傍の側面拘束が解消されることを示すものと考えられる。

(2) 岩石の試験

岩石モデルの試験結果を考慮して、ピン長として $l = 33$ mmを採用し実際の岩石の一軸圧縮試験を実施した。岩塊試料は碎石鉱山から採取したもので、研究用に用意されたものではない。図-3に H/D と σ_{cA} の関係を示す。 $H/D = 3.0$ の場合が特異な値を示しているが、両者の関係は概ねフラットな関係を与えている。 σ_c が100 MPaを越えるような硬岩であっても、ブラシ型載荷板がその機能を発揮していると言える。高強度の試験片への適用に際しては、ピンの材質面における検討が必要となろう。

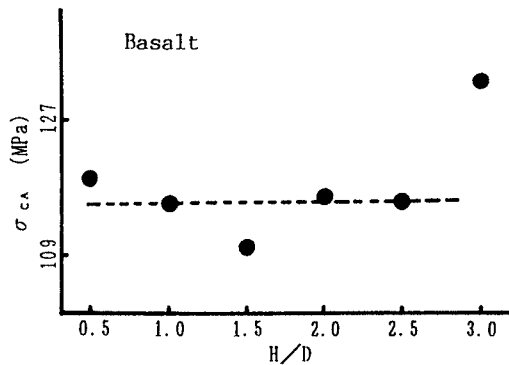


図-3 H/D と σ_{cA} の関係

表-1 変動係数と強度比

l (mm)	H/D	V (%)	η_a
剛板型	0.5	2.1	1.41
	1.0	1.4	0.95
	1.5	3.6	1.09
	2.0	3.1	1.00
	2.5	5.2	1.02
ブラシ型 23	3.0	1.8	1.00
	0.5	10.9	1.01
	1.0	2.7	0.80
	1.5	4.3	0.99
	2.0	4.2	1.00
ブラシ型 33	2.5	8.8	0.96
	3.0	6.1	0.92
	0.5	2.3	1.00
	1.0	20.0	0.76
	1.5	1.7	1.06
ブラシ型 48	2.0	6.9	1.02
	2.5	1.9	0.97
	3.0	1.3	0.96
	0.5	11.2	0.72
	1.0	18.1	0.74
ブラシ型 48	1.5	15.3	0.86
	2.0	7.4	0.93
	2.5	9.2	0.92
	3.0	2.2	0.89

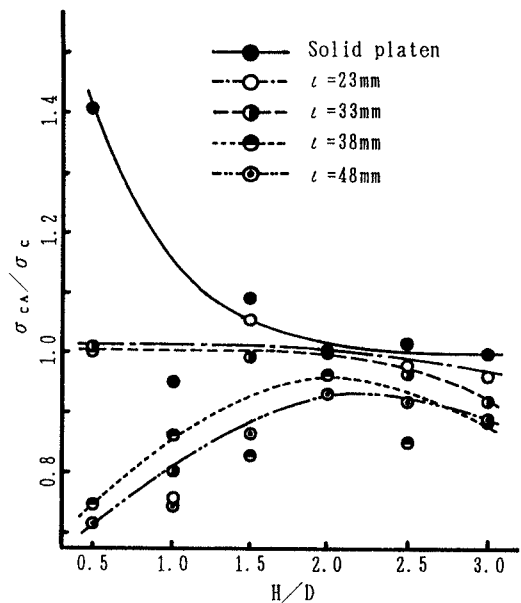


図-2 H/D と η_a の関係

5. むすび

不連続面等の存在によりJIS基準やISRMの指針が示すような H/D を有する試験片を岩盤から抽出できない場合でも、ブラシ型載荷板を使用すればかなりの精度で一軸圧縮強度を評価することができるものと考えられる。

【参考文献】

- 1) Brown, E.T. & Gonano, L.P. : Improved compression testing technique for soft rock, Geotech. Eng. Div., ASCE, Vol. 100, No. GT2, pp.196-199, 1974
- 2) 石橋:ブラシ型載荷板を利用した岩質材料の一軸圧縮試験, 第25回岩力シンポジウム講演論文集, pp.596-600, 1994