

III-A 350

点載荷試験における強度推定法の提案

大成建設（株）技術研究所
同上正会員 城 まゆみ
正会員 里 優

1. はじめに

トンネル工事において「現在遭遇している」岩石の強さを知ることは、施工の安全確保や適切な支保パターンの選択などの面から極めて重要である。通常は、一軸圧縮試験や引張試験等を行い、岩石の強度を知るための基礎的データとしている。しかし、これらの試験は岩石試料を規定の形状に整形しなくてはならないため、試料採集直後に試験を実施することはできない。また、採集する試料の大きさにも制約があるため、適当な大きさの岩石を見つけることが困難な場合もある。点載荷試験は、非整形試料で手軽に実施できる点において実用的である。本報告では、一般に行われている点載荷試験の問題点を指摘し、より有効な岩石強度指標を新たに提案する。

2. 点載荷試験における問題点

今回点載荷試験に供した試料は、主にトンネル施工時に出る掘削ずりりと、調査ボーリングのコアから採集した岩石片である。岩石は、花崗岩、泥岩、頁岩、砂岩、粘板岩、凝灰岩、蛇紋岩の7種類を用いた。試験は、一般の点載荷試験方法と同様に、岩石片を上下2点ではさみ破壊するまで荷重をかける方法で行ない、載荷する方向は層理面に垂直方向とした。さらに、標準試料として稲田花崗岩と来待砂岩の立方体を用いて上述の試料との比較を行った。

平松・岡¹⁾²⁾およびISRM指針³⁾によれば、点載荷強度 I_s は荷重 P を載荷点距離 D の2乗で割った値と比例関係にあるとして求められる。

$$I_s \propto P/D^2$$

これまで行った全ての試験結果を、横軸に D 、縦軸に P/D^2 値をとったグラフにまとめて示す（図1）。ただし、岩石の種類による強度の違いを考慮し、横軸、縦軸共に D が20mmの時の値を規準値として正規化した値で表示してある。なお、 P_{20} などの添え字の20は、 D が20mmの時の値を示している。これは、使用した岩石試料の大きさが、20mm程度のものが多かったことによる。

図から明らかなように、載荷点距離が小さくなると P/D^2 は D が20mmの場合に比べて極端に大きく見積もられ、載荷点距離が大きくなると比較的小さく見積もられる。特に、 D が15mmより小さくなると、 P/D^2 は載荷点距離が20mmの時に得られた値の5倍以上の値で見積もられる場合がある。このことは、点載荷強度 I_s が載荷点距離 D により異なった値として求められることを意味しており、試料が15mmより小さい場合などには、過大な点載荷強度を求めてしまう危険性がある。

3. 点載荷強度指標の提案

そこで、 P と D の関係を改めて検討することとした。全ての試験結果を対象に、横軸に D 、縦軸に P をとったグラフを図2に示す。これまでと同様に、横軸、縦軸共に D が20mmの値を規準値として正規化した値で表示してある。また、同図には全試料を対象とした回帰線と式、採取試料のみを対象とした回帰直線と式も併せて示した。図からは、最大荷重 P は載荷点距離 D の1～1.24乗と相関があり、特に20mmより小さい試料については、ほぼ比例関係にあることがわかる。これはHaramyら⁴⁾が石炭について得た知見とも一致している。

上の結果より、 P と P/D の関係を調べてみた（図3）。 P/D の値は、 D が20mmの時の値を中心にして最大2倍、最小1/2倍程度と、ばらつきが小さい。すなわち、 P/D の値は、載荷点距離の大きさにあまり影響をうけず、岩石固有のものとして求められる。

得られた P/D の値と岩石の強度との関係を調べるため、いくつかの岩種について一軸圧縮試験を実施した。得られた一軸圧縮強度 q_c と P/D との関係を、図4に示す。 P/D は q_c と強い相関があり、 P/D が岩石の強度を表す指標となり得ることを示している。

4. まとめ

本報告では、7種類の岩石について点載荷試験を実施し、従来の点載荷強度が載荷点距離に依存するものであることを示した。また、載荷点距離と最大荷重の関係を再検討し、点載荷試験におけるより有効な強度指標を新たに提案した。

得られた知見をまとめると、次のとおりである。

- 1) P/Dの値は、岩石試料の大きさの影響を受けずにはほぼ一定の値を示した。したがって、この値は岩石固有の性質を代表するものとして取り扱うことができる。
- 2) P/Dの値は、一軸圧縮強度とも良い相関があることがわかった。よって、点載荷試験における岩石強度指標として（最大荷重P/載荷点距離D）が適当であると考える。

なお、PがDの1~1.24乗に比例する理由、試料の横方向への広がりについての効果、更に、P/Dなどが一軸圧縮強度と相関がある理由等は研究課題として残されており、今後検討を進める予定である。

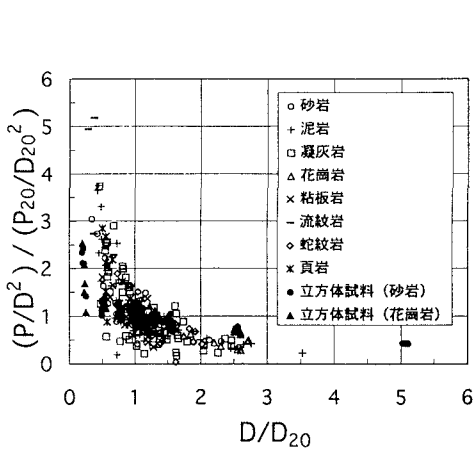


図1 載荷点距離と（最大荷重/載荷点距離²）の関係

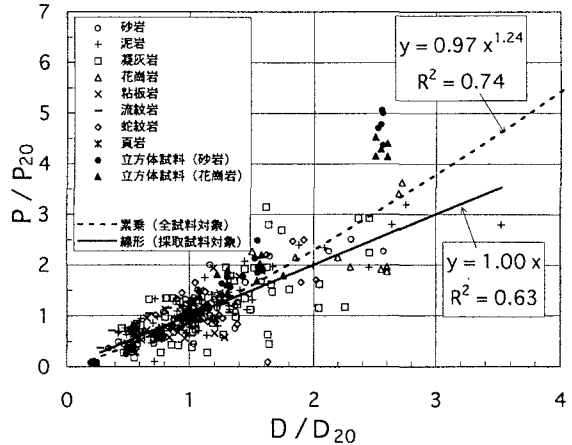


図2 載荷点距離と最大荷重の関係

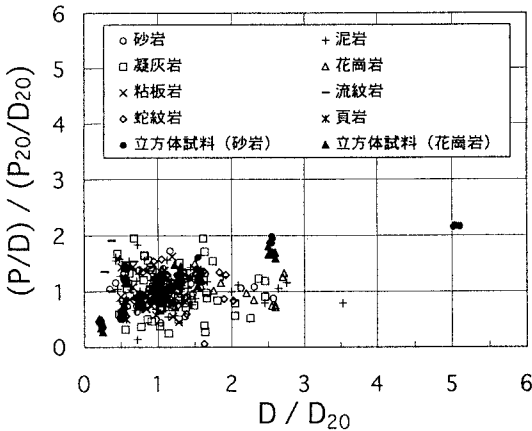


図3 載荷点距離と（最大荷重/載荷点距離）の関係

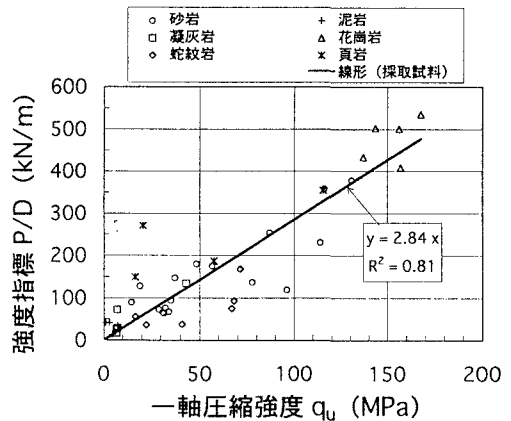


図4 一軸圧縮強度と強度指標の関係

参考文献

- 1) 土質工学会編：岩の調査と試験, pp. 293-298, 1989.
- 2) 平松良雄、他：非整形試験片による岩石の引張り強さの迅速試験, 日本鉱業会誌, Vol. 81, No. 932, pp. 1024-1030, 1965.
- 3) ISRM : Suggested method for determining point load strength, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol. 22, No. 2, pp. 51-60, 1985.
- 4) Haramy K. Y., Morgan T.A. and DeWaele R. E. : A method for estimating Western Coal strengths from point load tests on irregular lumps, Proc. 2nd Conf. Ground Control Min., pp. 123-138, 1982.