

点載荷試験の地山評価への適用性に関する一考察

○（株）大本組 技術本部 技術開発部 正会員 榊原高範
（株）大本組 技術本部 技術開発部 正会員 鈴木昌次
岡山大学 理学部 地球科学科 鈴木茂之
山口大学 工学部 社会建設工学科 正会員 中川浩二

1. はじめに

本研究では、トンネルの岩質判定において地山の安定性を定量的に評価する指標の一つとして、施工中の切羽で点載荷試験を実施し、試験結果の地山評価に対する適用性を検討した。さらに、点載荷強度と地山評価における他の指標との相関性について考察した。点載荷試験の地山評価への適用に関する既往の研究では、点載荷試験結果と一軸圧縮強度に比較的良好な相関が見い出されている¹⁾。

2. 点載荷試験

岩石や岩盤評価の際、インタクトロックの強度は最も重要な指標の一つである。代表的なものは一軸圧縮強度であるが、一軸圧縮試験には精度が高く、加工に耐え得る強度を持つ試料が必要となる。これに対し、点載荷試験は特別に加工を要しない岩片やボーリングコアを供試体とし、比較的簡単な試験装置により原位置で多数の試験を実施することが可能である。国内における試験方法の基準は、日本道路公団により規格化され、本研究では、この日本道路公団規格²⁾に準じて試験をおこなった。

表-1 切羽観察表

観察項目		評価区分					
A. 圧縮強度 (N/mm ²)	一軸圧縮強度	100 以上	100~50	50~25	25~10	10~3	3 以下
	ポイントリード	4 以上	4~2	2~1	1~0.4	0.4 以下	
	ハンマーの打撃による強度の目安	岩片を地面に置きハンマーで強打しても割れにくい。	岩片を地面に置きハンマーで強打すれば割れる。	岩片を手にとってハンマーでたたいても割ることができる。	岩片どおしをたたき合っても割ることができる。	両手で岩片を部分的に片を指先で潰すことができる。	力を込めれば、小さな岩片を潰すことができる。
	評価区分	1	2	3	4	5	6
B. 風化変質	風化の目安	概ね新鮮		割れ目沿いの風化変質		岩芯まで風化変質	
	熱水変質などの目安	実質は見られない		変質により割れ目に粘土を挟む		変質により岩芯まで強度低下	
	評価区分	1		2		3	
C. 割目間隔	割れ目の間隔	d ≥ 1m		1m > d ≥ 50 cm		50 cm > d ≥ 20 cm	
	RQD	80 以上		80~50		60~30	
D. 割目状態	割目の開口度	割目は密着している		割目の一部が開いている (幅<1mm)		割目の多くが開いている (幅<1mm)	
	割目の挟在物	なし		なし		割目が開口している (幅1~5mm)	
	割目の粗度鏡肌	粗い		割目が平滑		割目が開口し5mm以上の幅がある	
	評価区分	1		2		3	

また、切羽観察による地山評価は、表-1に示す切羽観察表によりおこなった。試験は1切羽につき、切羽面に対し左右各5個ずつ、または切羽の作業状況により左、中央、右から各5個ずつの試料を採取し、全ての試料について試験を実施した。試験結果から点載荷強度 St(N/mm²)を算出し、点載荷強度と載荷点間距離 D(mm)の関係を示すグラフを作成し D=50(mm)に相当する荷重を読み取り、この値を点載荷強度 St(50) (N/mm²)として整理した。

3. 点載荷試験結果

表-2に現在までに実施した点載荷試験の平均値、最大値、最小値および、試験データの各圧縮強度評価区分に対する分布状況を示す。表中の地山区分は、現地での岩質判定による区分であり、評価区分は表-1に記載の区分である。表-2より、同一切羽内においても、点載荷強度の範囲にかなりのバラツキがあることが分かる。

表-2 点載荷試験結果の各評価区分に対する分布状況

トンネル名称	岩種	地山区分	点載荷強度 St(50)(N/mm ²)				点載荷強度による 圧縮強度 評価区分	各評価区分内の データ数				全試験 データ 数	切羽評価 区分データ ／全 データ
			平均 値	最大 値	最小 値	最大値－ 最小値		評価 区分2	評価 区分3	評価 区分4	評価 区分5		
A	チャート質 粘板岩	CⅠ	1.45	3.21	0.25	2.96	評価区分3	2	7	—	1	10	0.70
		CⅡ	0.87	2.09	0.07	2.02	評価区分4	1	4	6	3	14	0.48
B	花崗岩	CⅡ	0.72	1.69	0.18	1.51	評価区分4	—	4	6	5	15	0.40
		DⅠ	0.34	0.66	0.13	0.53	評価区分5	—	—	5	11	16	0.69
C	花崗岩	DⅢ	0.46	1.20	0.04	1.16	評価区分4	—	1	4	5	10	0.40
		DⅢ	0.77	1.20	0.47	0.73	評価区分5	—	1	1	8	10	0.80

また、チャート質粘板岩のほうが花崗岩より点載荷強度のバラツキが大きい、これは堆積岩の持つ異方性によるものと考えられる。しかしながら、表-2より、試験を実施した6切羽中、3切羽において点載荷強度による圧縮強度評価区分と同一区分を示すデータが、各切羽における全データ中の

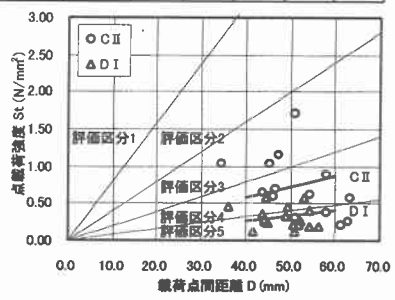
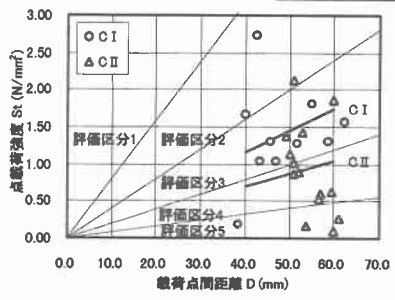
約 7 割以上を占める。また、残りの切羽においても 4 割以上を占める。以上より、一切羽に対して 10～15 個程度の試験によりほぼ切羽を代表する点載荷強度を得ることができると考えられる。

表－3 に各切羽における試料採取位置別の点載荷試験結果および岩質判定時の切羽観察による圧縮強度、風化変質、割れ目間隔、割れ目状態の評価区分一覧表を示す。切羽観察時の圧縮強度評価はハンマー打撃によるものである。表－3 より、圧縮強度評価区分については切羽観察による評価の方が点載荷強度による評価より圧縮強度の大きい評価区分となる傾向にあるが、両者の評価区分は、おおむね良く一致しているといえる。図－1、2 に A、B トンネルの点載荷試験結果を示す。図中の縦軸は点載荷強度 $St(N/mm^2)$ 、横軸は載荷点間距離 $D(mm)$ を示す。図より、試験実施切羽の岩質判定による地山区分 C II が C I へ、D I が C II へ上があれば、点載荷強度も増加する傾向を示す。

表－3 切羽観察による評価区分および点載荷試験結果一覧表

トンネル名称	岩種	地山区分	点載荷試験結果			切羽観察結果			
			試料採取位置	St(50) (N/mm ²)	圧縮強度評価区分	圧縮強度評価区分	風化変質評価区分	割れ目間隔評価区分	割れ目状態評価区分
A	チャート質粘板岩	C II	切羽左	1.308	3	3	3	4	3
			切羽中央	0.763	4	3	3	4	3
			切羽右	0.522	4	3	3	4	3
B	花崗岩	C II	切羽左	0.744	4	4	3	4	3
			切羽中央	0.376	5	4	3	4	3
		C II	切羽右	1.044	3	4	3	4	3
			切羽左	0.338	5	4	3	4	3
		D I	切羽中央	0.394	5	4	3	4	3
			切羽右	0.276	5	5	3	4	4
C	花崗岩	D	切羽左	0.148	5	5	4	5	4
			切羽右	0.766	4	4	3	4	4
		D	切羽左	0.088	5	5	4	5	4
			切羽右	0.542	4	4	3	4	4

表－3 より、現段階で点載荷強度による圧縮強度評価区分が 3 となるデータが少ない。このため、以下では点載荷強度による圧縮強度評価区分が 4 および 5 のデータについて検討をおこなった。表－4 は点載荷強度と岩質判定時の各評価項目間の相関係数を算出したものである。表－4 より、圧縮強度、風化変質、割れ目間隔の 3 項目については高い相関性を示すといえる。割れ目状態との相関性は認められなかったが、これは、試験岩片中に割れ目状態の評価項目を含まないためと考えられる。また、表－4 のデータを用いて $St(50)$ と風化変質、割れ目間隔に関する相関関数の作成を試みた。最小二乗法により得られた風化変質および割れ目間隔の関数を式(1)、(2) に示す。また、図－3、4 に式(1)、(2)による風化変質、割れ目間隔評価区分の予測結果を示す。図中の縦軸は岩質判定による評価区分、横軸は点載荷試験結果より式(1)、(2)を用いて予測した評価区分を示す。図より、現段階では、点載荷強度による圧縮強度評価区分が 4 および 5 のデータについて点載荷強度を用いて下式(1)、(2)より風化変質および割れ目状態の評価区分の算出が可能と考えられる。

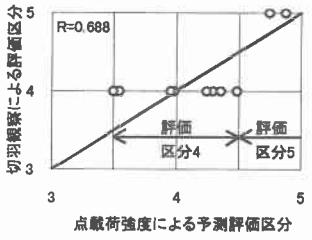
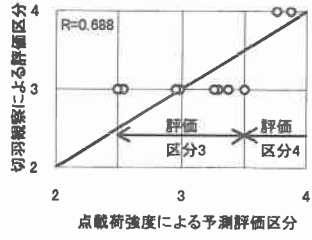


図－1 A トンネル：チャート質粘板岩

図－2 B トンネル：花崗岩

表－4 点載荷強度と各項目間の相関係数

項目	圧縮強度 評価区分	風化変質 評価区分	割れ目間隔 評価区分	割れ目状態 評価区分
点載荷強度	0.730	0.688	0.688	0.347



図－3 風化変質評価区分予測結果

図－4 割れ目間隔評価区分予測結果

て点載荷強度を用いて下式(1)、(2)より風化変質および割れ目状態の評価区分の算出が可能と考えられる。

風化変質評価区分 = $\frac{(2.0 - St(50))}{0.493}$ (1)

割れ目間隔評価区分 = $\frac{(2.5 - St(50))}{0.495}$ (2)

4. まとめ

同一切羽で採取した試料の強度にはバラツキがあるが 10～15 個の試験でほぼ切羽を代表する点載荷強度を得ることが可能と考えられる。また、点載荷強度による圧縮強度評価区分と切羽観察による評価区分とはおおむね良く一致し、切羽の地山区分が上があれば点載荷強度も増加することより、点載荷強度は地山評価の上で有効な指標になり得ると考えられる。さらに、風化変質、割れ目間隔の項目とも高い相関性を示す。

参考文献：1)真下・池口：簡易な現場計測器の地山評価への適用性について、トンネル工学研究論文・報告集第 8 巻,pp.271～276,1998.11、2)JHS 715-1997「点載荷試験機を用いた岩片の強度試験方法」