

III-246

ボアホールテレビ観察による孔壁画像の光特性について

東電設計 正会員 三室俊昭、鶴田修

鹿島建設 正会員 稲生道裕、佐々木猛、栗岡均

1. はじめに

ボアホールテレビ（BTV）による孔壁の画像データは、地盤内の状況を技術者が判断できる重要な視覚情報である。筆者らは、これまでBTVによる孔壁画像を用いての地質情報解析システム（画像処理システムと節理情報処理システムから成る。）の開発を行ってきたが、今回は画像処理システムを用い、孔壁画像の光特性の分析を行うことによって、岩種判定の可能性を検討した。孔壁画像から岩種判定をする目的は以下の通りである。①地質の専門家でなくても個人差なく、概略の岩種判定ができる。②大量の画像データを迅速に処理することにより、岩種判定の省力化ができる。③ボーリングコアを採取しなくても岩種判定ができる。

そこで今回は、その第一歩として、収集した孔壁画像データの光特性を種々の条件で分析した。条件として、岩種・岩石表面の含水状態を変え、各色調 {R (赤)・G (緑)・B (青)} の濃度分布（スペクトル特性）等の光特性を分析した。その結果、岩種や含水状態により、各色調における濃度分布に特徴があることがわかったのでここに報告する。さらにこの研究を進めることにより、画像による岩種判定の他、岩級の分類や風化の程度の分類等への利用が可能になるものと思われる。表-1 画像を収集した試料

2. 孔壁画像の光特性の分析

2. 1 孔壁画像の収集

今回孔壁画像を収集した試料は、表-1に示す6試料である。20～30cm角のブロックとして現地から採取し、φ66～76mmの孔を中央にあけている。この試料を実験室に持ち込み、中央の孔に新型ボアホールテレビ（B社製、展開画像が得られる方式で光源は15Wの蛍光灯を使用している。）を挿入して、孔壁画像を収集した。試料表面の含水状態は、乾燥・湿潤（霧吹きにより表面を濡らす程度）・水中の3状態で測定している。

孔壁画像データを収集する際、次の特徴がある。

①人工光を用いているため、光源の種類や使用時間によりスペクトル特性に差がある。②孔内水の有無や濁りの状況によって、岩石表面の反射特性に差がある。③センサー（CCDカメラ）やA/D変換の機器によって感度特性が異なっている。したがって今後孔壁画像を収集し、データを蓄積するには、光源やセンサー等の標準化が必要とされる。そこで、画像データを収集する際、次の点に注意を払った。①データ間の比較を可能とするため、光源は自然光に近いものを用い、カラーパターンで色調の調整を行った。この点、B社製は光源に蛍光灯を使用して

試料番号	岩 種	採石地名	孔径 (mm)	色調	特 徴
1	礫 岩	吉井	76	灰色	礫も基質も灰色で、コンクリートに似ている。 肉眼では均質に見える。
2	玢 岩	豊丘	70	黒色	礫は数cm程度。礫と基質の色が違う。
3	礫 岩	神農原	76	桃色	火山灰（緑）の中に、暗褐色の軽石が混じる。
4	凝灰岩	大谷	76	緑色	中粒。白い石英・長石の中に、黒雲母が混じる。
5	花崗岩	庵治	66	茶色	
6	コンクリート	——	76	灰色	

表-2 岩石のRGBの平均濃度値

試料 番号	含水 状態	岩 全 体				クラック			蛍光灯白光源			蛍光灯黄光源			白と黒の 差の平均
		R ₁	G ₁	B ₁	平均	R ₂	G ₂	B ₂	R ₃	G ₃	B ₃	R ₄	G ₄	B ₄	
1	乾燥	54	54	43	50.3	27	29	20	63	62	51	45	46	37	16.0
	湿潤	39	40	30	36.3	17	18	13	42	43	31	28	30	23	11.7
	水中	29	31	23	27.7	18	20	14	35	36	26	17	20	16	14.7
2	乾燥	52	55	43	50.0	—	—	—	61	59	58	34	39	28	25.7
	湿潤	46	46	34	42.0	—	—	—	57	60	44	31	36	26	22.7
	水中	27	32	25	28.0	—	—	—	30	35	27	27	31	25	3.0
3	乾燥	54	49	39	47.3	50	43	34	58	51	42	52	46	37	5.3
	湿潤	41	34	27	34.0	33	26	22	45	37	29	34	29	23	8.3
	水中	30	25	20	25.0	24	21	16	32	26	21	25	22	17	5.0
4	乾燥	40	41	28	36.3	18	19	14	46	47	34	26	28	20	17.7
	湿潤	27	30	21	26.0	14	16	12	33	36	25	18	20	15	13.7
	水中	37	41	24	34.0	22	28	20	41	47	37	22	25	20	15.7
5	乾燥	37	35	26	32.7	18	19	14	45	42	32	24	25	18	17.3
	湿潤	25	25	19	23.0	19	20	15	24	24	18	23	23	18	0.7
	水中	36	33	21	30.0	16	15	9	34	31	19	29	27	18	3.3
6	乾燥	29	30	22	27.0	—	—	—	29	30	22	26	26	19	3.3
	湿潤	27	28	20	25.0	—	—	—	34	34	25	20	21	15	12.3
	水中	35	35	23	31.0	—	—	—	32	35	23	30	28	18	4.7

(6/4階調)

おり、ナトリウム灯や白熱灯を使用している他社製に比べより自然光に近いものと思われる。②各色調の光の反射量を分析可能な階調内（フルレンジ）に収めた。

2. 2 孔壁画像の分析

次に、収集した画像データの分析を行った。各試料とも3状態で、 $R \cdot G \cdot B$ の色調ごとに濃度分布及び平均値と分散を求めた。この対象は、①岩全体（一画面全体）、②クラックの部分、③比較的白い（明るい）所、④比較的黒い（暗い）所とした。②～④は、最小でも5mm角程度の範囲である。分析結果のうち、各色調の平均濃度値を表-2に示す。この表では、濃度を4階調で表わしており、数字が大きい方が白っぽく、小さい方が黒っぽくなっている。

2. 3 考察

分析結果から、以下のことが明らかとなった。

①孔壁画像のスペクトル（ $R \cdot G \cdot B$ ）は、正規分布と考えても良く、このため一般的な画像処理の手法が有効に適用できる。

②岩石表面の含水状態により、濃度値の分布は変化する。本実験では、コンクリートを除き、乾燥→湿潤→水中の順に平均値が10～20程度低下した（黒っぽくなった）。

③微細なクラックは、乾燥・湿潤の場合は濃度値に差があるので判別可能だが、水中の場合その差が少なく判別が困難な場合が多い。

次に、岩種別の特徴を調べることにした。この際の指標として、①岩全体の各色調の平均〔つまり $(R_1 + G_1 + B_1) / 3$ 〕と②各色調の白と黒の差の平均〔つまり $\{(R_3 - R_4) + (G_3 - G_4) + (B_3 - B_4)\} / 3$ 〕をとり、これらを横軸・縦軸として、図-1に示すグラフを描いた。孔内の状態は地下水位以下にあることが多いので、「水中」の場合とした。岩全体の平均は、岩全体の明暗の色調を表わし、白と黒の差の大きいものは目視的に粗いもの、小さいものは均質なものを表わしている。ただし、現状ではサンプリング範囲（5mm角程度）が大きいので、鉱物レベルで色が違うもの（例：花崗岩）は見分けられない。また、礫と基質の色が似ている神農原礫岩は、組織的には粗いが均質な方の分類となる。しかしながら、この方法により岩種別の特徴を明らかにすることができたと思われる。

今後、種々の岩種でのデータを蓄積すれば、この方法で孔壁画像から岩種判定をすることも可能となろうが、含水状態や光源・センサー等の標準化が必要となり、容易なことではない。たとえ、全体の標準化ができない場合でも、条件が一定なボーリング孔なら、あらかじめコアで岩種判定した代表点で孔壁画像の光特性のパターンを求め、大量の孔壁画像をパターン分類することにより、岩種判定が可能になるとと思われる。いずれにしろ、今回の試みは6試料だけであり、今後の検討が必要とされる。

3. おわりに

孔壁画像の光特性の分析は、まだまだ検討すべき課題が多い。今後の目指すべき利用法としては、上にのべた岩種判定の他に、以下のものが考えられる。

①風化程度分類……風化部は茶褐色に変色している等の特徴の光特性を把握し、風化部とその程度を判定する。

②岩盤等級の判定……画像からクラックを判定し、クラックの程度から、岩盤等級を判定する。

そして、BTV機器等が標準化されれば、孔壁画像のデータベースの構築が可能となり、コアを保存する必要性がなくなるとともに、精度の良い種々の分析が可能になると思われる。

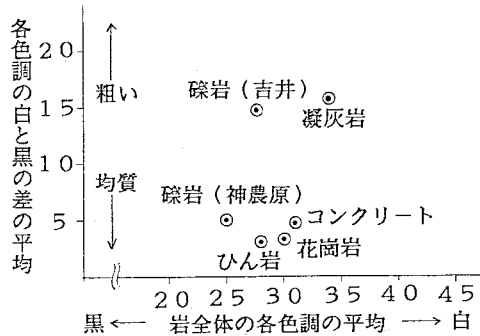


図-1 岩種別の特徴