CS 45　フラクタルによる岩盤の不均質性評価

㈱フジタ　正会員　宇田川義夫

1．まえがき

亀裂性岩盤には節理などの割れ目系が発達しており、その局部的な偏りにもとづく不均質性を有している。その原因としては、局所的な応力場の不均一性、岩盤強度の不均一性、地殻変動に伴う応力軸の転換、岩盤の転位、岩種による剛性の相違などが考えられる。

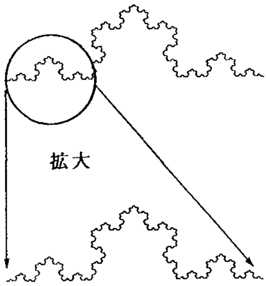
岩盤の力学的・水理学的挙動はこのような割れ目の分布に支配されており、岩盤割れ目の局部的な偏りにもとづく不均質性を定量的に評価することは、岩盤の工学的諸問題を解決するためには有効であると考えられる。

本論文ではフラクタル理論を導入し、岩盤割れ目の不均質性をフラクタル次元の変動分布によって評価する方法を提案するものである。

2．フラクタルと岩盤割れ目

フラクタルとは、全体の形と部分の形がよく似ている「自己相似性」を意味しており、米・ＩＢＭワトソン研究所のベノワ・マンデルブロ博士によって提唱された理論である。フラクタル(fractal)という言葉は、fracture、fractionなどの語源であるラテン語の形容詞“fractus”（物が壊れてバラバラになっている状態を表す)からのマンデルブロ博士による造語である。

図－１に示した曲線は「コッホ曲線」とよばれているが、この曲線の任意の部分を拡大すると、もとのコッホ曲線と同形となる。すなわち、コッホ曲線は自己相似な図形であり、フラクタル図形となっている。



図－１　コッホ曲線

自然界には、海岸線、河川の流路、山の起伏、雲の表面形状、樹木の枝などの複雑な形状が多く存在しており、これらはどれもフラクタルとなっている。ただし、この場合のフラクタルは、コッホ曲線のような完全な自己相似性ではなく、全体と部分がだいたい似たような図形となる「統計的自己相似性」を意味している。[1)2)]

岩盤の割れ目系もフラクタルとなっている。たとえば、地質技術者が岩盤露頭の写真を撮るときにはハンマーなどの寸法が既知であるものをスケールとして入れているが、このことは岩盤割れ目系が特徴的なスケールをもっていない（スケールが明示されないと対象物の大きさがわからない）ことを示している。フラクタルであることの特徴の一つとして、べき乗則に従い特徴的なスケールをもたないことがあげられるが、このような岩盤割れ目系のスケール不変性（scale invariance）[3)]を、地質技術者は直感的に理解しているといえる。

3．フラクタルによる岩盤の不均質性評価

図－２は新第三紀中新世・北陸層群岩稲累層の安山岩の岩盤割れ目トレース（10m×10m、100m^2）である。掘削によって緩んだ岩塊を除去し、ウォータジェットで岩盤清掃した後、肉眼で認識しうる長さ10cm以上の割れ目をすべてトレースしたものである。

この領域内の岩盤割れ目系を一辺の長さηの正方形格子網で覆ったときに、割れ目と交差する格子数をＮ(η)とし、両対数紙上にプロットすると、これらは次式で示される相関関係にある。

$$N(\eta)\propto\eta^{-D} \qquad (1)$$

ここで、Ｄは岩盤割れ目系のフラクタル次元であり、この直線の勾配の逆符号で与えられる。

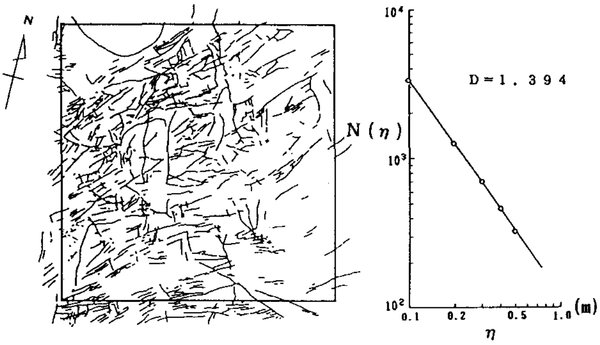
すなわち(1)式を変形して、フラクタル次元Ｄは次式で求められる。

$$D=-\Delta \log N(\eta)/\Delta \log \eta \quad (2)$$

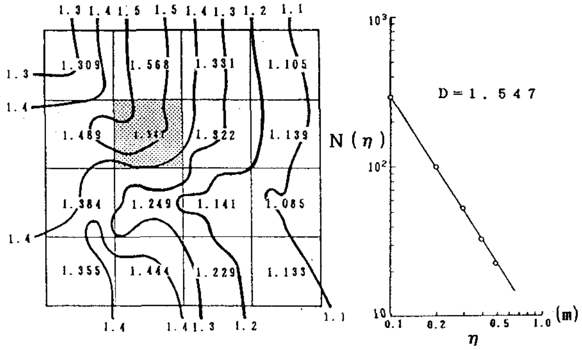
ここで、図－２に示した岩盤割れ目系のフラクタル次元はＤ＝1.394となる。[4)5)]このように、対象物を格子網で覆ってフラクタル次元を求めていく方法をボックスカウンティング法といい、本研究ではこの方法を用いた。

この領域をさらに2.5ｍ×2.5ｍの小領域に１６分割し、各々の小領域についてフラクタル次元を求めた（図－３参照）。ここで算出したフラクタル次元も(2)式によった。

図－３から明らかなように、図－２に示した岩盤割れ目系のフラクタル次元Ｄ＝1.394の領域のなかで、さらに小さな領域においてもフラクタル性が成立しており、そのフラクタル次元の変動分布によって岩盤割れ目系の不均質性を評価することができる。



図－２　岩盤割れ目系のフラクタル次元



図－３　フラクタル次元の変動分布による
岩盤割れ目系の不均質性評価

４．あとがき

本論文では、岩盤割れ目のフラクタル性に着目した、岩盤の不均質性評価手法を提案した。岩盤割れ目の不均質性は、岩盤の強度・変形・透水特性を支配する重要な要素であると考えられるため、今後、フラクタル次元の変動分布とこれらの物性との関連性について研究していく所存である。

【参考文献】

1)Mandelbrot,B.B.; The fractal geometry of nature, W.H.Freeman and Company, San Francisco, 1982.（広中平祐監訳、フラクタル幾何学、日経サイエンス社）

2)高安秀樹；フラクタル、朝倉書店、1986

3)Turcotte,D.L.; Fractals and chaos in geology and geophysics, Cambridge university press, p.1～5, 1992

4)宇田川義夫；断層破砕帯周辺の岩盤割れ目系にみられるフラクタル構造、土木学会、第25回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、p.586～590、1993

5)宇田川義夫；岩盤割れ目系のフラクタル特性による岩盤の不均質性評価に関する検討、ダム工学研究会、第３回ダム工学研究発表会講演集、p.25～27、1992