

I - A 96

地誌を考慮した岩盤内亀裂形状の推定法

三菱重工工業株式会社 塩川 紀彦

正会員 東京大学地震研究所助教授 堀 宗朗

1. 研究の背景と目的

岩盤工学の分野において、岩盤内に存在するジョイントや亀裂は、様々な問題の原因となっている。対象地点における亀裂の量的な情報を得るための手法の確立は不可欠である。

一例としてグラウチングがあげられる。ジョイントや亀裂ネットワークによって強度の浸透性を持つ水みちが生じるが、もし、亀裂の大きさ、形や分布が確認できれば、グラウチングの効率が向上するであろう。もう一つの例として地下構造物の構築があげられる。周囲岩盤内における亀裂の存在を認識することができれば、岩盤破壊に対する安全性の改善につながるであろう。こういった情報は、地震学の分野においても、地上観測からは得られない地中の活断層の推測にも利用できる。

しかしながら、亀裂形状の測量法には、多大な費用がかかる。通常の in-situ 測定からは、限られた情報しか得られない為、残された方法として、対象地点における地誌を考慮した亀裂形成課程の力学的分析が考えられる。地誌による量的情報は、亀裂形成を再現する適当な境界値問題における境界条件としてあたえられる。

本研究の目的は地誌を用いて岩盤内亀裂形状の推定解析法を提案することである。

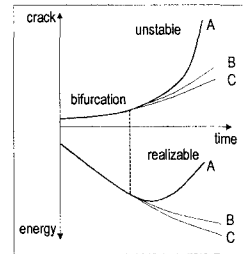
2. 概念

亀裂の形成過程において、地誌は二種類の情報をもたらす。定性的なものと定量的なものである。定性的なもの例として考えられるのは、火山活動や、大陸移動などであり、それらに伴う定量的情報には、温度勾配や主応力などが挙げられる。地誌を理想化された力に置き換え、亀裂には周期構造体を仮定することによって簡単なモデルが考えられる。

では、そのモデルを用いてどのように亀裂形状を推定するのか。亀裂形成課程の正式かつ厳密な解析を

行うと、最も起こりうる形状は、破壊条件を満たす形状の内、全体の歪みエネルギーを最小化することが示された。

以下はそれを図で表したものである。



図—2.1

3. 解析法提案

この解析法では岩盤内で形成される亀裂を周期構造体としてモデル化し、また、亀裂は簡単な外力によって生じるものとする。対象となる岩盤において、解析法の手順は、以下のとおりである。; i) 地誌を元に、周期性亀裂の外力を仮定し、境界値問題を定義する。ii) 破壊条件を満たす全ての周期性亀裂の形状をえる。iii) 周期構造体内の歪みエネルギーを最小にする亀裂形状を見つける。

4. 解析法応用例

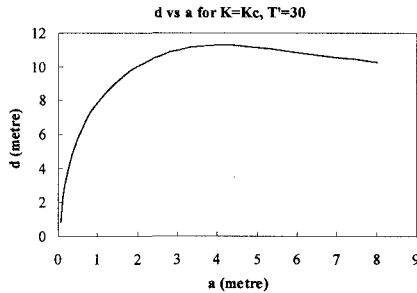
ここでは、応用例として二つの問題を検討する。初めは、地誌と亀裂形成のメカニズム、更にその形状までもある程度詳しく分かっている比較的簡単な例を考えることによって、提案した解析法の適用性を確認した。二つめは、実際問題として考えられる例を取り上げた。

4-1. ジャイアント・コースウェイ

北アイルランドの海岸線に位置するジャイアント・コースウェイには玄武岩から成る多角柱状の亀裂が約40,000本ほど隣接している。その多角柱の多数は、六角柱で、他にも四角、五角、七角、八角柱などがある。

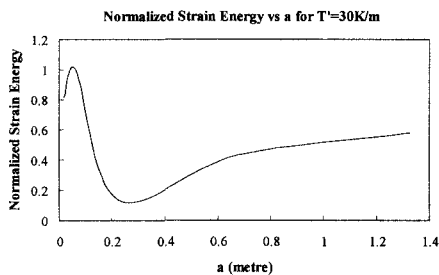
ジャイアント・コーズウェイは、およそ 6,000 万年前の火山噴火後、溶岩の冷却過程で引張力による亀裂によって造られたとされている。典型的な六角柱の一边の長さ a と高さ d は、それぞれ 0.4m と 6~7m である。

これを地誌として、周期構造体の境界値問題を設定し、境界条件を、適当な温度勾配による引張力と、地圧による圧縮力の重ねあわせとすると、破壊条件を満たす形状パラメータ a と d は以下のグラフで表される関係を持つ。



図—4.1.1

次に、歪みエネルギーが最小にするような形状パラメータを計算すると、以下のグラフから、 $a=0.25\text{m}$ であることが分かる。



図—4.1.2

これは、温度勾配を $30\text{ }^{\circ}\text{Cm}^{-1}$ とした時の一例だが、他の温度勾配についても同様に計算すると以下の表で示す結果が得られる。

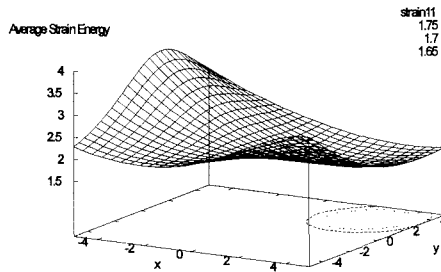
Temperature Gradient T' [Kelvin m^{-1}]	Temperature Difference ΔT [Kelvin]	a [metre]	d [metre]
30	300	0.25	4
40	400	0.4	7
50	500	0.5	8.5
60	600	0.6	10.5
70	700	0.7	12

表—4.1.1

観測されているデータとの一致が見られる。

4-2. 地下発電所付近の岩盤

山梨県の某地下発電所において、空洞周辺の岩盤内の亀裂がどのように分布しているのかを推定する。この例では、現在の応力場は亀裂発生以前のものとあまり変化が無いと仮定して、境界値問題の境界条件として設定した。モデルは前例同様、周期構造体を用いた。単位セルは下図の平行六面体とする。ここでは、形状パラメータ数が 12 個あるため、計算にはかなりの時間が必要になるが、とりあえず、6 個の形状パラメータについて解析法を用いた。以下のグラフは破壊条件を満たす形状パラメータの歪みエネルギーを表す。



図—4.2.1

この途中結果は、観測されている亀裂間隔、約 1 m に対して 4 m という値を示している。

5. 結論

本研究の目的は、地誌を用いて岩盤内亀裂形状の推定解析法を提案することであったが、二つの例題を検討した結果、解析法の実用性が裏付けられた。

参考文献

- 1) S. Nemat-Nasser and M. Hori, Micromechanics: Overall Properties of Heterogeneous Materials, Elsevier (1993)
- 2) M. Hori and T. Miura, On Overall Elasticity of Damaged Solid by Periodically Distributed Cracks, Japanese Journal of Structural Engineering, Vol.38 A 1992.3