

(Ⅲ-1) 岩盤の透水性と岩盤節理による水みちの関係のモデル化

宇都宮大学工学部

○学生会員 佐川 雄亮

宇都宮大学工学部

正 会 員 清木 隆文

1. 研究の目的

近年、硬質岩盤内に地下発電所、石油備蓄タンク、放射性岩盤内処理等、地下空間の利用が急速に進んできておりこれらの土木構造物の建設に当たっては、岩盤の物理的性質を正確に把握し、設計・施工を行う必要がある。最近ではこの問題を取り扱う際、それまでの岩盤を連続体として扱う方法から、不連続体として扱うのが主流となっている。特に硬質岩盤は岩石そのものの強度が大きく透水性が低いので、その工学的性質は岩盤内に存在する不連続面の性質に強く影響される。不連続面には様々なものがあるが、塊状硬質岩盤内で支配的に分布するのが節理である。したがってこのような節理性岩盤の力学的性質、透水特性を把握するためには、その岩盤中の節理の幾何学的分布正常を把握することが極めて重要である。一般に岩盤中の節理分布は規則性を有しており、この性状を的確に把握し空間幾何学的にこれを表現してモデルを作成し、各種解析を行うことが必要となる。

しかしながら、このような個々の節理分布特性に関する研究は広く行われているが、これらをまとめた、システムとしての節理性岩盤の解析プログラムは開発段階にある。

そこで、本研究ではこの幾何学特性を示す指標(連続性、開口性、etc)を統計的に処理し、空間分布を有限要素メッシュ上に再配置し数値解析を通して水理学的特性を推定する。

2. 解析方法

本研究では以下に述べるような、¹⁾ 岩盤における節理分布性状の確率統計学的調査手法、評価法および節理分布モデルの作成法(2次元、3次元)のケーススタディを行った。他には連続体、不連続体モデルなどがある。図-1は本システムの開発の基礎となっている、節理性岩盤の調査・解析手法の基本フロー図である。ここでは、この調査・解析手法の基本的な方法のみ述べる。なお、解析に用いたデータとしては節理の走行傾斜、開口幅、距離、挟在である。またデータの一例として表-1に示す。

キーワード：節理分布、確率モデル、水理特性、結晶質岩

連絡先：栃木県宇都宮市陽東7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科建設工学コース

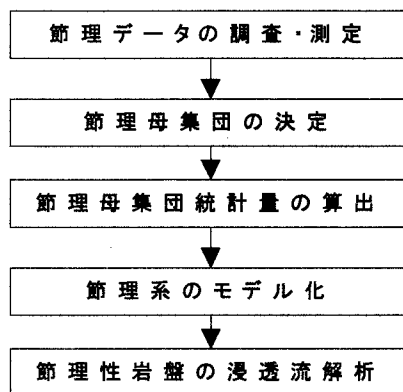


図-1 基本フロー図

表-1 井島データ一例

節理群番号, 走行傾斜, 開口幅										
JTDT	1	1	1	N	72	E	87	S	0.40	0.25
JTDT	2	1	1	N	65	E	79	S	1.77	0.30
JTDT	3	1	1	N	62	E	63	N	0.49	0.10

① 節理データの調査・測定

節理分布性状の調査手法としての標本調査は、基本的に次の2つに大別できる。

- 1) 調査線を用いる方法
- 2) 調査平面を用いる方法

このうち、本システムは1)、2)の両方に対応できるように開発されている。また、標本調査の問題点である標本抽出の際の偏りのために、標本集団が真の母集団と異なるという点も、偏向補正の定式化で、普遍性を持った値を導くことが可能となっている。

② 節理母集団の決定

調査地域を分布性状が同一もしくは類似とみなせる領域(モデル化領域)に区分し、その各領域についてのモデルを考える。そして、ここでモデル化を行う領域、すなわち節理母集団が決定されることになる。

③ 節理母集団統計量の算出

節理の分布性状を支配する特性要素として次の7つが、

あげられる。これについて統計量の算出、解析を行う。

- 1) 方向性: 岩盤が破壊する際、その破壊面の方向が節理群の方向に強く支配される。節理群内での方向性分布は、2次元の異方性モデルを採用する。
- 2) 連続性: 節理の連続性とは節理の面方向の寸法を意味するものであり、通常、節理面面積あるいは節理トレース長をパラメータとして示される。
- 3) 稠密性: 節理の稠密性は、節理群ごとに定義する3つの密度(1次元密度: ρ_L , 2次元密度: ρ_A , 3次元密度: ρ_v)を用いることによって表現することができる。
- 4) 開口性: 開口性の表現に用いるパラメータは開口幅である。節理の開口幅は単一の節理トレース内においても分散が大きく、その分布は不規則である。
- 5) 挟在性: 岩盤浸透流を考える上で、挟在物の存在は透水係数を支配する重要な要因であると考えられる。
- 6) 粗面性: 節理の粗面性は節理内部の地下水流動形態を規定すると考えられるため、岩盤浸透流を考える上でも重要である。
- 7) 連結性: 個々の節理は互いに連結し合って節理ネットワークを形成している。連結性のタイプ3種に分け、特に終端状況を表すI, L, Tタイプについて、その構成比を算出する。

④ 節理系のモデル化

③で得られた、節理特性要素統計解析結果を節理系の幾何学的モデル作成に反映させる。

最終的な目的である解析の対象となる、2次元平面あるいは3次元空間において、統計結果をもとに構造化されたモデルをシミュレーションする。

⑤ 節理性岩盤の浸透流解析

1) 節理要素統計解析

- ・設定されたモデル化領域内においても、方向性解析を行い、節理群の認定を行うことが可能である。これについての設計は、全く部分領域におけるものと同等である。
- ・各節理群ごとに7つの節理特性要素について統計的評価分析を行い、各々確率分布関数を決定できる。
- ・連続性、開口性および稠密性においては、トレース長と開口幅についてのヒストグラム作成と、それらの相関図作成および回帰曲線、相関係数の算出が可能であり、また節理間隔の分布についてもヒストグラム作成が可能である。

2) モデル化

モデルは7つの節理特性要素についての統計解析より

得られた、確率分布関数をもとに作成される。

3. 結果と考察

今回の調査地点はそれほど規則性が顕著ではなく、また調査範囲が狭いこともあり、どのモデル化領域も似かよった方向の節理群を持っているため視覚的にモデルの区別が付きにくい。また実岩盤説理系如何に反映したモデル作成が可能であるかという、モデルの妥当性についての検定は今回の調査では非常に困難である。しかしながら各節理分布要素に関する統計量を反映したモデルとしての妥当性はかなりよく一致しており、このシステム(JESS)の適用例として十分評価に値すると考えられる。例えば稠密性に関して言えば、1次元、2次元密度が、各モデル化領域ごとの差が約20%程度であり、大体が一致する。また開口幅に関して言えば、2次元、3次元モデルともトレース長との相関がよく一致しており、3次元モデルにおける円盤半径と開口幅の関係づけの妥当性がうかがえる。また2次元モデル平面と3次元モデル断面の妥当性は、表示面に現れる節理数(稠密性)、トレース長(連続性)共にどのモデルも有意の差は認められず、よく一致している。また本システムでは連結性に関しては全く考慮していない。作成したモデルから連結性の割合を調べてみると2次元モデルがI, L, Tタイプがほぼ同じ割合に対し、3次元モデルはIタイプの割合が非常に多く、Tタイプの割合が極端に少なかった。今後は、この連結性に関するパラメータのモデルへの反映が大きな課題である。

4. 結論

2次元解析に関しては、浸透流解析が原位置試験とよく一致していたので、透水係数を1つのパラメータとしてその妥当性が評価できた。また、3次元では確固たる解析手法がなく、解析結果がでてもその妥当性を評価することはできない。

しかしながら、開口幅の測定方法、流路の開回路の認識など、まだ数々の問題点が残されており、これらの解決によって更に実現象により近似した結果が得られ、これまでの一連の解析モデルが岩盤の工学的性状を正確に評価する上での一手法となるものと考え、今後更に研究を進める。

参考文献

- 1) 菊池宏吉・水戸義忠・本多眞: 節理分布性状の確立統計学的モデル化に関する研究(その2), 応用地質 33巻5号, p19-30, 1992.