

1. はじめに

地盤、ならびに岩盤を流れる水が、土木構造物の挙動に多大な影響を与えている事は良く知られている。例えば、ダム基礎岩盤内の浸透流、フィルダム堤体内の流水、地下空洞への地下水の流入、降雨・貯水による斜面の安定などを教えなければならぬほどである。

しかし岩盤は不連続面を多く含み、岩盤中の浸透流の動きを的確に把握し、解析する方法が確立されているとは言えないのが現状である。従来においては、ルジオンテストの結果を等価な透水係数に置き換え（ $1 \text{ルジオン} = 10^{-10} \text{cm/sec}$ ）、不連続面を無視したいわゆる土質力学での浸透流解析の転用が行われてきた。ルジオンテスト以外の岩盤の調査事項、例えばボーリングによる割れ目の調査や踏査などの調査データはあまり使われていないのが現状であり、これを単に調査が行われたまゝと見て、これをセーライトQDに使用している位である。

では、図-1の様なダムの基礎岩盤において、調査による長大クラックや、またボーリングによる岩盤の細かい割れ目が判明している場合、どのような解析方法を考えたらよいであろうか？ ニニ提案する方法では、長大クラックはクラックとして残り、それ以外の岩盤部分（細かい割れ目を有する）を等価な透水係数をもつ連続体に置き換える。有限要素法による解析とは、岩盤を四辺形要素、長大クラックを線要素として計算を行うこととする。

すなわち、ボーリング調査データなどの割れ目情報を生かす形で、不連続性の効果を具体的に計算内容に取り入れて、不連続性の効果を具体的に計算内容に取り入れて、不連続性岩盤を等価な連続体に置き換える試みを行ったので、ニニその内容を紹介する。

2. 解析手法

図-2に今回用いた解析手法の概略を、フローチャートの形で示す。それぞれの項目を説明すると

- サンプリングを行う。どの程度のスケールのサンプリングを行うか。また何個のサンプリングデータが必要かを考慮せねばならない。
- サンプリングを行った岩の割れ目について、方向、長さ、開口幅を調べ、その分布などの様子を調べる。（正規分布、対数正規分布、指数分布など）これをえれば、図-3の様相頻度図が得られ、これを二つ

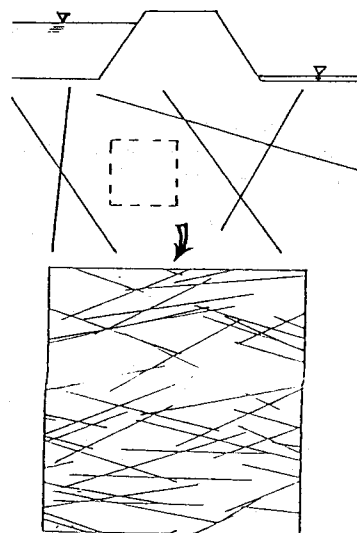


図-1

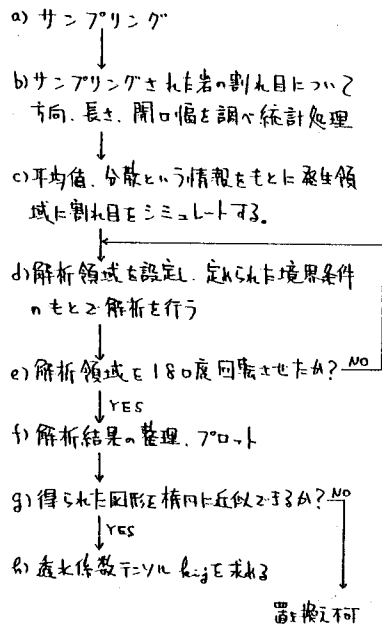


図-2

の正規分布の重ねあわせったものと考え、そのように近似する。こゝ2つの卓越した割れ目系をSET1、SET2とする。SET1、SET2について長さ、開口幅の分布を調べ、それぞれの平均値、分散といったパラメータを得る。例として表-1を示す。

c) 平均値、分散といったパラメータをもとに、図-4の様に $L \times L$ の解析領域に、割れ目のネットワークを作成する。卓越する割れ目系が3つ以上でも考え方は同じである。表-1をもとに作成したネットワークは図-5である。(L=110cm)

d), e) 図-6は、解析領域と解析領域の関係を示している。解析領域に、図-7の境界条件のもとで有限要素法による解析を行い、変位を求める。岩盤の透水性の異方性を知る為に、圧力を加える方向を変えていく。すなわち解析領域の回転を行っている。(回転の例として付図を示す)

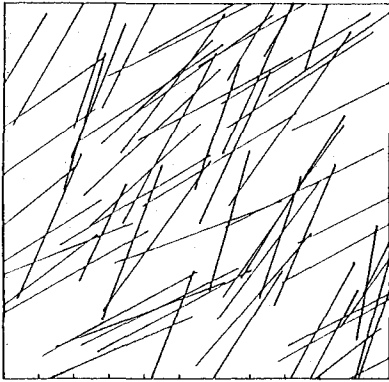


図-5

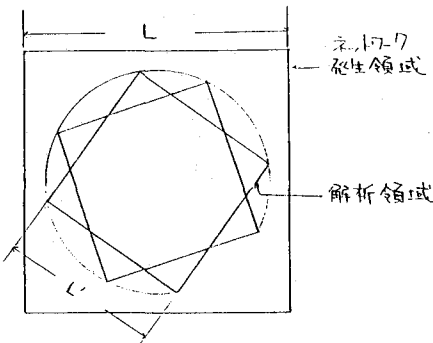


図-6

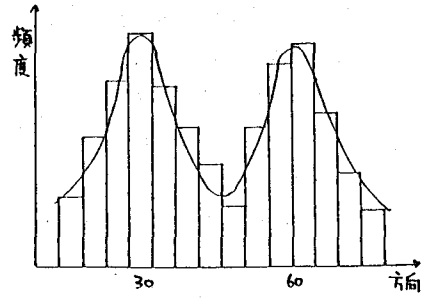


図-3

表-1

	パラメータ	SET1	SET2
容度	割れ目の数	30	40
方向	正規分布 μ, σ (度)	30, 5	60, 10
長さ	対数正規分布 μ, σ (cm)	50, 10	45, 7.5
開口幅	対数正規分布 μ, σ (cm)	0.001, 0.005	0.005, 0.001

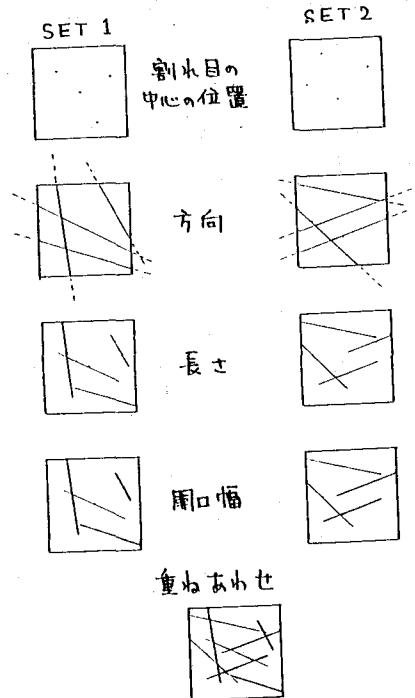


図-4

4) 主方向の透水係数は、図-7の境界条件のもとにおいて、式と与えられる。”

$$k_{xx} = Q_x / [(\phi_2 - \phi_4) L' / L']$$

$$= Q_x / (\phi_2 - \phi_4)$$

$$= Q_x$$

== 2” Q_x : 単位厚さにおける SIDE 2 に流れ込む流量

ϕ_2 : SIDE 2 のポテンシャル

ϕ_4 : SIDE 4 のポテンシャル

L' : 解析領域の1辺の長さ

整理の方法として、解析領域の回転角に対する透水係数 $k(\alpha)$ の関数 $1/\sqrt{k(\alpha)}$ を極座標系にプロットする。

9) a) プロットされた図形より透水係数 τ = ソル長 τ を角 τ 後、この不連続性岩盤と等価な異方透水性をもつ連続性岩盤への置き換えをしよう。

3. 解析結果

図-9は、図-8の様に無限の長さを持ち、30度で交差する平行な割れ目について解析を行った結果である。この図は Snow が数学的に導いた結果とほぼ一致している。”この楕円をもとにして図-8の不連続性岩盤を異方透水性を持つ連続性岩盤に置き換えることが出来る。

次に表-1をもとに作成したネットワークである図-10に解析を行った結果が、図-10である。この図形を楕円に近似することは無理であり、表-1の情報を与えた岩盤を、等価な異方透水性をもつ連続体に置き換えることは無理であることを示している。

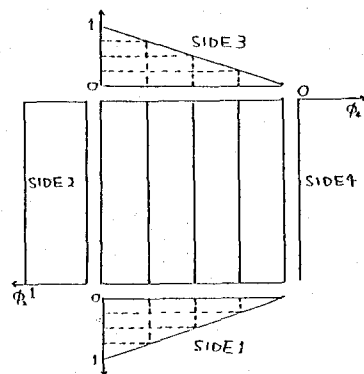


図-7

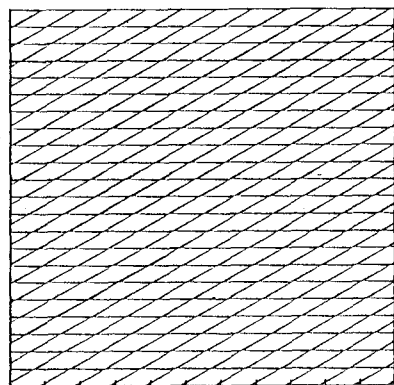


図-8

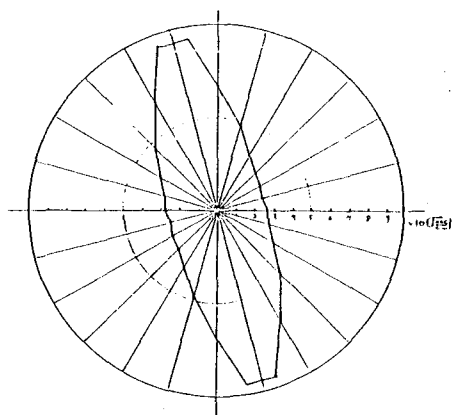


図-9

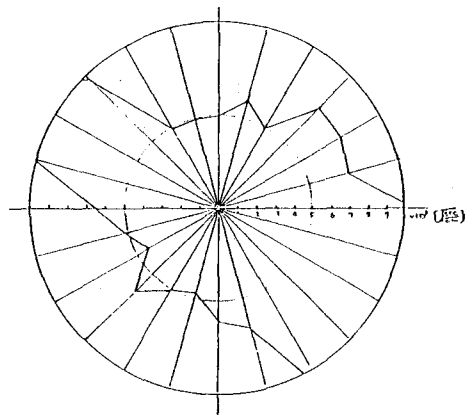


図-10

そこで、開口幅のみを一定とし、その他は全く図-11と同じものについて解析を行った結果が、図-11である。(開口幅は全20.00tcm)この図形について、楕円に近似することかできると言えよう。つまり開口幅の条件が変化したことで、図-11の不連続性岩盤を等価な異方性を持つ連続性岩盤に置き換えることかできるといふことである。このような置き換えが可能になると、図-1に示したような基礎岩盤において、明確な長大クラック部分は除いて、普通の浸透流解析かできる。長大クラックの影響は線要素として同じ有限要素プログラムに組み込み、同時に解析すれば、さらに高度な手法となる。置き換えか不可能な場合は、不連続体としての解析に変更するか、あるいはスケールの大ききを変えて(たとえば対象地域を10倍に広げるとか1/10にするとかか考えられる)モデル化を兼ね、何らかの対策案を見つかることかできる。

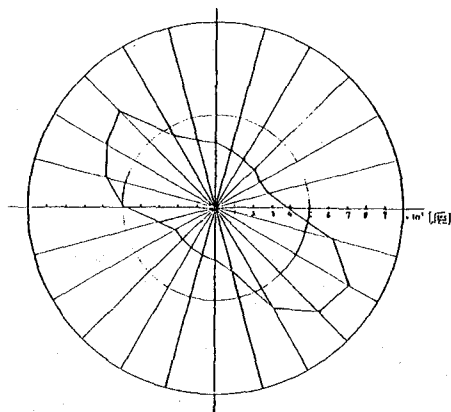


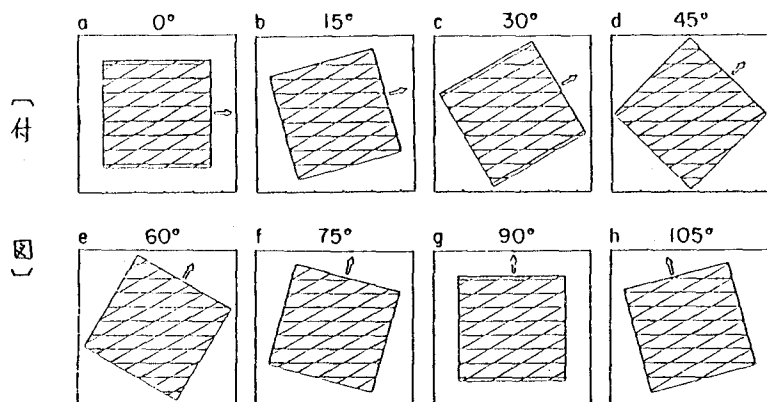
図-11

4. おわりに

今回の一連の解析結果により、不連続性岩盤を等価な連続性岩盤に置き換える可能性について確認できた。しかし、このことはボーリング調査等からの割れ目情報を生かした形で、岩盤の不連続性を加味した浸透解析の可能性を示したものと考えられる。今後の課題としては、どの程度のスケールのサンプリングを行って得られた情報が適当であるかといった、サンプリングのスケールの問題について考えねばならない。またデータが適切である、データ値によつて、連続性岩盤に置き換えられない場合がある。いかなるデータかの場合なのかを明らかにすることは不可欠である。また、このような地質情報かどの程度の信頼度で収集するか、それらかどのように蓄積されていかか行かないのか、検討すべき問題多く残っている。岩盤のモデル化について、他に大きな問題は現実の3次元問題をどのように2次元化するかということと、内部に充てん物を付さみ込んだ岩盤の割れ目かどのように評価するかである。現在も種々の案を検討中であり、今後の研究課題としていふべきと考えている。

[参考文献]

- 1) Long, J.C.S., J.S. Remer, C.R. Wilson and P.A. Witherspoon (1982); WATER RESOURCES RESEARCH, Vol. 18, No. 3, pp. 645~658
- 2) Snow, D.T.; WATER RESOURCES RESEARCH, Vol. 5, No. 6 (1969), pp. 1273~pp. 1289



(付)

(図)

(16) ROCK HYDRAULIC ANALYSIS BASED ON INFORMATIONS OF FRACTURES

Yuzo OHNISHI
Kenji NISHINO
(School of Civil Eng., Kyoto Univ.)

The analysis of subsurface fluid flow is sometimes complicated by the fact that rock masses, especially at shallow depth may contain various systems of cracks or fracture surfaces. The rock mass can therefore be regarded as an assemblage of intact rock blocks that are separated by discontinuities. These discontinuities may be faults, joints, fissures, fractures, etc.

Although it has long been recognized that fractures plays a very important role in conducting fluids through rocks, attempts to study fractures and fracture systems on a quantitative basis have began recently.

In hydraulically modeling such a system, we usually model rock mass as a continuous porous media. But one of the important questions that arises is whether or not the fracture network behaves like porous media. The purpose of this paper is to determine when a fracture system behaves as a porous medium and when it does, what is the appropriate permeability tensor for the medium. A two-dimensional fracture system model is developed. The density, size, orientation and location of fractures in an impermeable matrix are random variables in the model. Simulated flow tests through the models measure directional permeability, K_g . A polar coordinate plot of $1/K_g$ will be an ellipse if medium behaves like a equivalent homogeneous medium.

Even if the fracture network behaves like porous medium, clear distinct faults or fractures should be recognized as a main conduits for fluid flow. In our approach, combination of flow in the equivalent porous media for fine fractures and flow in the planar fractures that are discovered and have arbitrary orientations and variable apertures is considered and a numerical code has been developed to determine the hydraulic behavior of such discontinuous systems.