

II-93

降雨時の地殻歪の2次元FEM連成解析

構造計画研究所 正員 林 保志
 豊橋技術科学大学 正員 中村俊六、四倉信弘
 京都府 正員 中地厚元
 名古屋大学理学部 志知龍一

1. 緒言 地震予知などを目的として、非常に高い精度の地殻歪の観測が全国各地で行われているが、そうした観測にとって、降雨にともなって発生する地殻歪はいわばノイズとなる。本研究は、こうしたノイズを除去するために、降雨による地殻歪を解析するモデルを開発しようとするものである。既往のモデルの例としては、山内¹⁾によるタンクモデル等があるが、未だ満足すべきレベルには達していない。筆者らは、名古屋大学付属の犬山地殻歪観測所の観測データ²⁾に対して、種々の解析を試みているものであるが、ここではタンクモデルと2次元FEM連成解析を組み合わせた試みについて報告する。

2. 観測トンネルと歪の特性 対象とした地殻歪観測所(地震観測所に併設)は、図-1左図に示したように濃尾平野北東端の山地内にあり、観測トンネルは、同図右に示したように、東西(E-W)、南北(N-S)および北西・南東(NW-SE)の各方向にほぼ水平に設置されている。歪の観測は、30mの石英管を主体とした棒型伸縮計を用いて行われている。この観測所の特徴としては、①観測トンネルに隣接して、

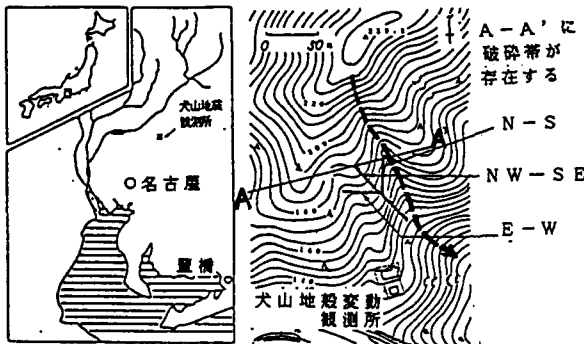


図-1 観測トンネルの位置と周辺地形

②図中に破線で示したように谷川があること、と②図中にA—A'で示した位置に破碎帯があること、を挙げることが出来る。

昭和43年以降の観測記録を長期的に見るとE-W成分及びNW-SE成分がそれぞれ10年間に1 μ S(マイク・ストレン)程度の変化であるのに対して、N-S成分は5 μ S程度伸びていて、その傾向は今なお続いているのが特徴的である。また、短期的には、N-S成分が降雨時に収縮側に变化することも特徴の一つである。

降雨の浸透によって地表面に等分布的に荷重がかかれば、地中にある水平なトンネルは伸張

側に变化する、と考えるのが普通であり、本研究の目的の一つは、この一見奇妙な歪変化の原因を解明することにもある。このため、以下において対象とする歪はすべてN-S成分である。

3. 解析モデル 解析モデルとしての全体システムは2つのサブシステムから構成されている。一つは、降雨量から浸透量への変換過程に対するものであって、3段のタンクモデル³⁾を用いた。もう一つは浸透量が荷重として作用する岩盤変形解析の部分であって、ここではいわゆる2次元のFEM連成解析を行っている。その基礎方程式をテンソル表現で示せば式(1)、(2)のようである。

$$[K(\theta) \cdot (\phi)_{,i}]_{,i} = C(\psi) \frac{\partial \phi}{\partial t} + S_v \frac{\partial u_{i,i}}{\partial t} \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} [D_{ijkl}(u_{k,l} + u_{l,k}) - \alpha p v g(\phi)]_{,j} + \frac{\partial p}{\partial t} b_i = 0 \quad (2)$$

ここに、 $K(\theta)$:体積含水率 θ に依存する透水係数、 ϕ :全水頭、 $C(\psi)$:比水分容量、 S_v :飽和度、 u :変位、 D :弾性定数、 α :飽和度(または体積含水率)により変化する

パラメーター、 ρ_w :水の密度、 g :重力加速度、 ρ :水を含む土粒子の平均密度、 b :物体力、である。

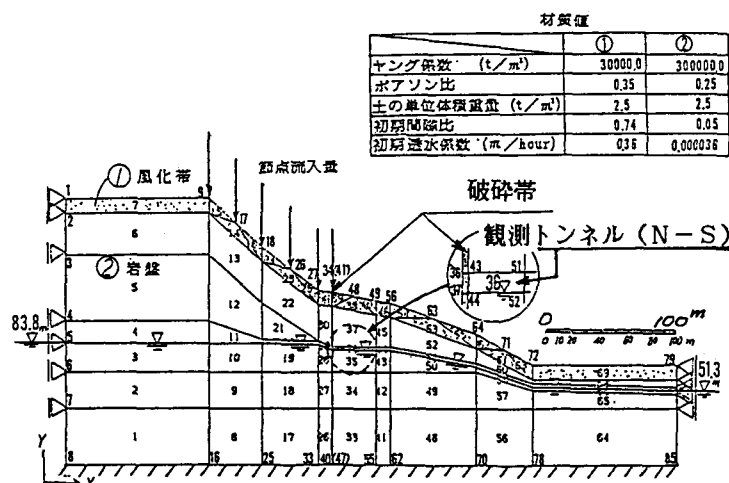


図-2 要素分割と諸条件

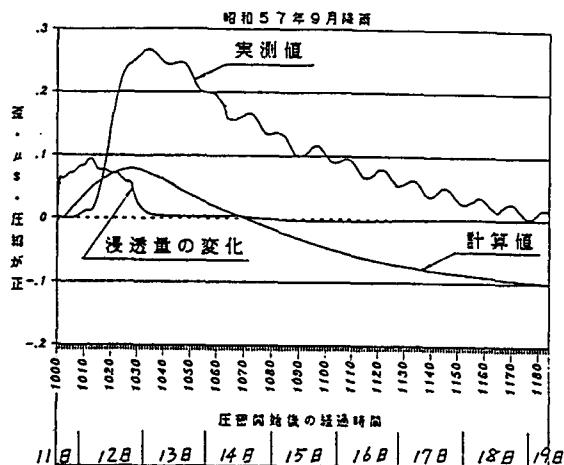


図-3 計算結果例(補正前)

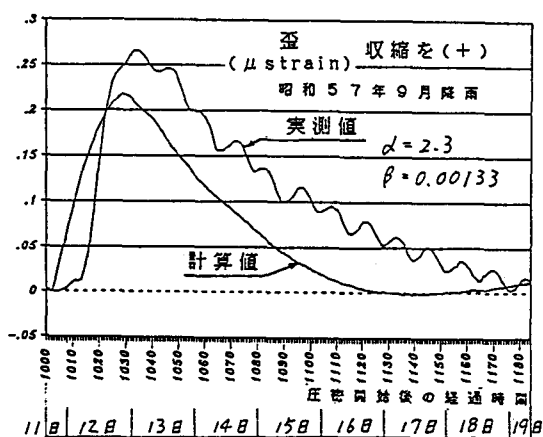


図-4 計算結果例(補正後)

2次元の計算断面は、破碎帯より南側ではN-Sトンネル、北側では谷川を、それぞれ通る鉛直断面とした。また、浸透量については谷川と破碎帯との交点より上流の流域(約4400m²)に降った雨がタンクモデルにより変換されて、1段目タンク底からの流出量-2、3段目タンク横からの流出量=浸透量、となるようにした(この結果、タンクモデルによる計算流量を、谷川で計測された実測流量によってチェックできる)。要素分割図を境界条件、材質値(表)とともに図-2に示す。

3. 計算結果と考察 計算に先だって、どの程度無载荷(無浸透)を続ければ岩盤内の水分移動がおさまりトンネル部分の歪変化が無くなるかを検討した結果、約1,000時間を要することが解ったので、1,000時間無载荷後に浸透量を与えることにした。

計算結果の一例を図-3に示す。これを見ると計算値と実測値はかなり異なっているが、その違いは、主として、①変動幅と、②巨視的にみた変化の方向に起因していることが解る。前者は主としてヤング係数等の材質値の問題、後者は長期的(例えば降雨前の水分状態や季節による)変化の問題と考えられる。そこで、第1次近似的な補正として、計算値を α 倍(①に対応)すると共に βt (t =時間)倍(②に対応)することにした。図-4は補正後の結果を示すものである。

他に数例の降雨について検討したが、 α は材質値に関係するものとして同一の値を用いても、0.1~0.2 μ S程度の誤差で実測の変動傾向を説明できること、 β は無降雨期間が短い場合と長い場合(10日程度以上)とで2種類の値を使い分ければ概略良い結果が得られること、等が解った。

4. 結言 ①歪発生原因としての浸透は破碎帯より上流、②降雨・浸透過程と浸透・変形過程の両方で非線形性を導入、の着想に大きな狂いは無いのではないだろうか。【文献】1)測地学会誌、27-7、2)同、16-4等、3)第27回水講、第38回年講等