

三ヶ日における埋込式体積歪計に対する降雨の影響*

二瓶 信一, 檜皮 久義**

Effect of Precipitation on Borehole Volume Strainmeter at Mikkabi

S. Nihei and H. Hikawa

(Earthquake Prediction Information Division, J. M. A.)

Strain changes at Mikkabi are influenced by precipitation. In order to correct the effect of precipitation, a tank model is applied to simulate the strain response to precipitation.

As the result of the simulation, a good correlation between the level of the tank 5 and strain changes is obtained. The correction can reject about 80% of the effects due to precipitation.

It is the reason of the dilatation after precipitation that the ground near the strainmeter expands by absorbing the water.

§1 はじめに

一般に、傾斜計や伸縮計等による地殻変動の観測では、その観測点が、地表または浅い場合、降雨の影響をうけやすい。一方、埋込式体積歪計は、他の地殻変動観測用測器に比較すると、50~300mの深さに埋設されているので、その影響は少ないと考えられる。

しかし、三ヶ日においては、他の点にはみられない夏期(雨期)に膨張し、冬期(乾燥期)には収縮するという年変化をくりかえしている(Fig.1参照)。これは、明らかに降水による季節変化である。この三ヶ日の歪変化を降水によって補正することを目的に、タンクモデルを用いてシミュレーションを行ったのでその結果について報告する。

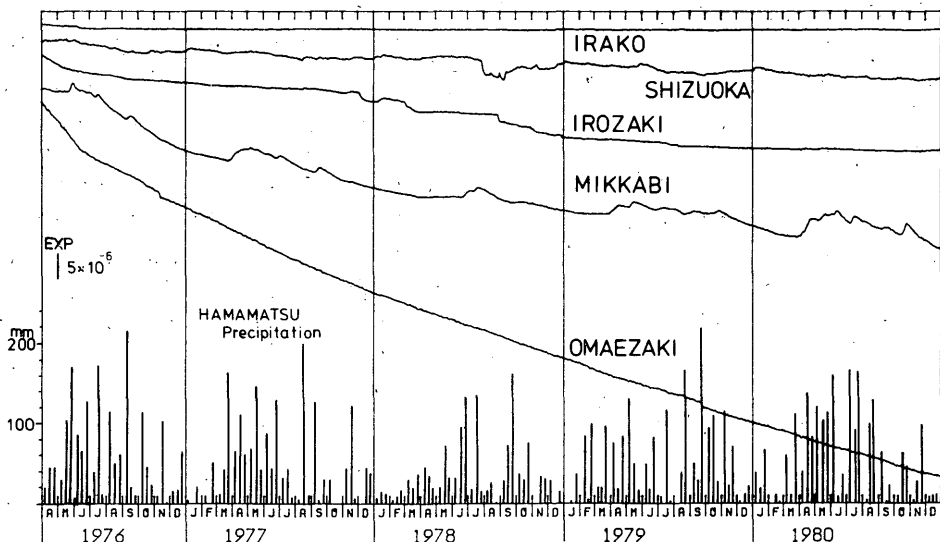


Fig.1 Strain changes at 5 stations in Tokai region and precipitation at Hamamateu. Strain changes at Mikkabi are influenced by precipitation.

* Received Feb. 28, 1983

** 気象庁地震予知情報課

また、降水によって歪計に変化が起る理由について考察した。

§ 2 三ヶ日付近の地形と地質および観測孔の構造

歪計の設置点は、浜名湖北部の猪鼻湖の湖岸から約700m離れた標高15mの地点で、北東方向には、標高200m程度の丘陵地帯が広がっている (Fig.2 参照)。

歪計感部は、地下51mの地点に埋設されている。現在、31点の歪計が設置されているが、その中で最も浅くなっている。Fig.3に、歪計の孔の構造と、ボーリングしたときの柱状図を示した。観測孔の上部は、風化が著しく軟弱であるが、歪計埋設地点は褶曲があるも安定した岩盤となっている。このため、孔の上部17mまでは、6インチのケーシングパイプが入っているが、それより下部は裸孔のままである。孔内には地下水がたまっているが、裸孔部分を通して出入りしているものと考えられる。なお、1976年10月の設置時の孔内の水位は、地表から1.8mであったが、1981年10月には3.2mであった。

§ 3 猪鼻湖の水位と歪変化

猪鼻湖では、ぬしろ (釣橋川) と瀬戸 (都田川) で静岡県浜松土木事務所が水位観測を実施している。水位

と歪変化を比較したものが、Fig.4である。歪計に近い鶴代の水位とやや相関があるようにみえるが、簡単な関係ではないようである。湖の水位は、Fig.4にみられるように雨の直後に増加し、すぐに減少してしまうが、歪は夏期 (雨期) に膨張し、冬期に収縮するという長い変化をしている。

なお、猪鼻湖は浜名湖に連結しており、浜名湖は太平洋に開口しているので、水位は短時間で変化してしまう。湖の水位を歪変化の補正に用いることはむずかしい。

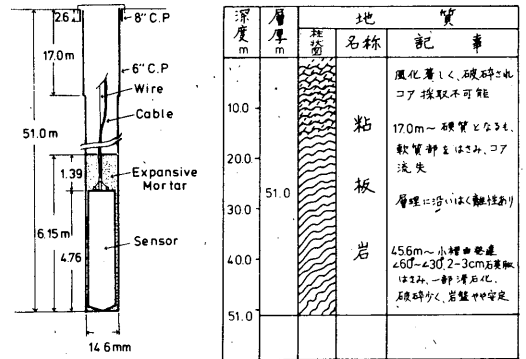


Fig.3 The cross section of observing bore-hole and columnar illustration of the boring at Mikkabi.

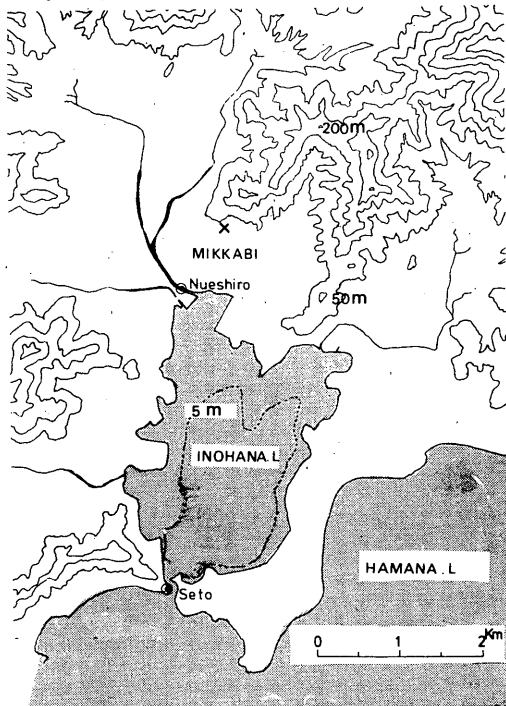


Fig.2 Topographical map near Mikkabi.
x: Point of strainmeter.
○: Point of water level observation.

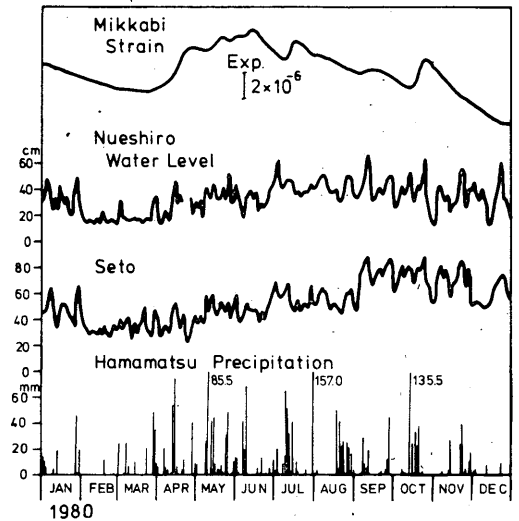


Fig.4 Strain changes at Mikkabi, water level at Nueshiro and Seto at Lake Inohana and precipitation at Hamamatsu.

§4 タンクモデルによるシミュレーション

タンクモデルは、降雨・降雪によって河川流出量がどのように変化するかを計算する流出計算法の一つで、洪水予報等に利用されている(菅原正己:1972,1979)。また、地殻変動観測に対する降雨の影響のシミュレーションにも用いられている(例えば、田中寅夫:1979, 山内常生:1981,など)。

一般に、地殻変動観測の場合、降雨の影響は、ある程度まとまった降水量がなければ、影響を受けない。また、その時点で地質の含有している水分の状況によってもその影響が異なる。通常流出解析に用いられているタンクモデルは3段ないし4段のタンクを直列に並べたものが多いが、その方法は確立されたものではなく、経験や試行錯誤によって求められている。

三ヶ日の場合にも、はじめ3段程度で始めて、計算をくり返したが、あまり良い結果が得られなかった。特に、時間のおくれの調整がむずかしく、結局5段のものを用いることとなった。

降水量は浜松測候所のものを用いた。三ヶ日との距離は約25kmである。

Fig.5がそのタンクモデルである。1段目のタンク

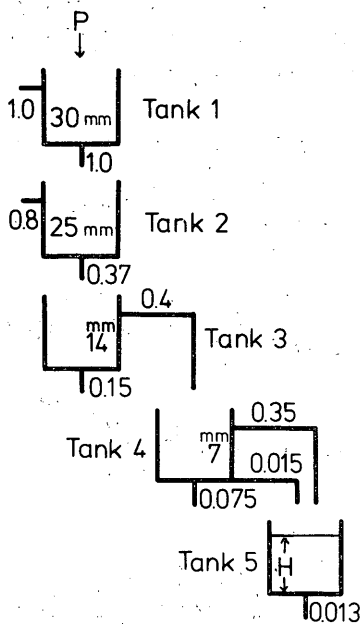


Fig.5 Diagram of the tank model for the simulation. Simulation is made by the assumption that strain change is proportional to the level (H) of the tank 5.

は、30mm以上の降水量は全て流出してしまい、地下には30mm分が浸透することとした。タンク2段目以降で、地下50mには徐々に浸透していくと考え、その時間のおくれなどを調整する働きをしている。

シミュレーションは、短期間から始めて、次第に長い期間に合うよう試行錯誤でタンクモデルやその係数を求めた。主として、1977~1978年について調整して合うようにした。

タンク5の水位(貯留高)Hに比例した量だけ歪が変化すると考えシミュレーションを行う。

Fig.6は、降水量とタンク2~5の貯留高の変化および、歪の変化との比較である。タンク5の変化が歪変化に良く似ていることがわかる。

§5 シミュレーションの結果

1976年から1980年までの結果をFig.7に示す。歪の変化は、降水による膨張、収縮の変化を除いて考えると、指数曲線的に収縮しているの、ドリフト除去にあたっては、修正指数曲線(公式 $y = K - a \cdot b^x$)を最小自乗法であてはめた。

Tab.1にタンク5の貯留高とドリフト除去した歪との相互相関係数と1次の比例係数を示す。

Fig.7をみると、タンク5の貯留高を歪量に換算したものとドリフト除去した歪(D-STRAIN)は、変化のしかたは良く似ている。1976年から1978年までは非常に良い結果が得られた。

タンク5と歪の比例係数は、Tab.1のように、年によってかなり変動しているが、全体を平均的な $0.6 \times 10^{-7}/\text{mm}$ で歪を修正した(C-STRAINおよびC-D-STRAIN)。降水の影響と考えられる夏期の大きな

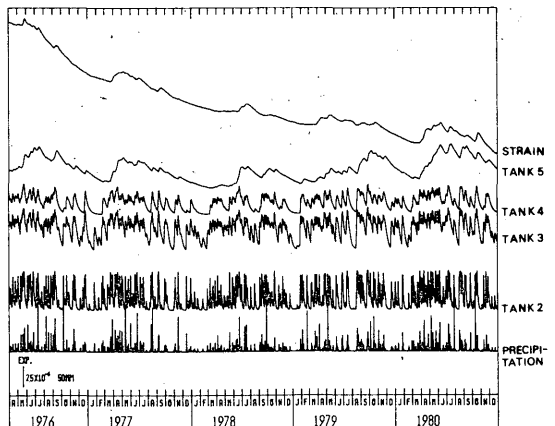


Fig.6 Precipitation, levels of the tanks and strain changes.

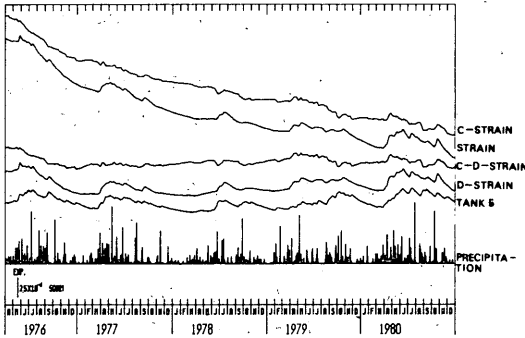


Fig. 7 The result of the simulation for strain changes.

STRAIN : Original strain change.

C-STRAIN : Strain change corrected by the tank 5.

D-STRAIN : Strain change after rejecting drift.

C-D-STRAIN : Strain change corrected by the tank 5 after rejecting drift.

Tank 5 : Amount of tank 5 converted into strain change value.

Tab.1 Correlation and proportional Coefficient between strain changes and tank 5.

* Correlation after rejected drift only 1976 year.

year	Correlation	Proportional coefficient
1976	0.60 (0.94*)	$0.78 \times 10^{-7}/\text{mm}$
1977	0.96	0.62
1978	0.93	0.54
1979	0.72	0.35
1980	0.88	0.60
Total	0.82	0.64

膨張の変化は除去されているが、時期によっては、補正のしすぎ、あるいは逆に補正のたりないところがある。しかし、降水によると思われる歪変化の80%程度は補正されている。タンク5の変化のしかたは、歪変化に比べると、まだこまかい変化が残っており、特に、1979、1980年は良くない。全期間と同じ係数で補正したが、係数の値は、年によっては2倍以上の開きがあり、年によって降水による影響は一樣でないのかもしれない。

1979、1980年が良くあわない原因としては、使用した降水量が、三ケ日から25kmはなれた浜松のもので

あることや、タンクモデルそのものが、まだ不十分であると考えられる。

§6 考察

三ケ日の季節的な歪変化は、ある程度タンクモデルを用いて補正できることがわかった。通常、降水があると歪計はその荷重によって収縮する。しかし、三ケ日では降水のあった後膨張する。降水の動きから考えて、水は地下に徐々に浸透していき、地下水位はそれによって変動している。地下水位が変動すると、歪に変化を与える。静岡の観測(太田金房ら:1982)によれば、通常、地下水位が上昇すると歪は膨張しており、三ケ日の現象と一致している。

地下水位の上昇によって歪計付近の岩盤は、吸水して膨張すると考えるのも一つの考え方である。逆に地下水位がさがると、岩盤は含水率が減少して収縮すると考えられる。なお、岩盤の吸水膨張の大きさは、岩盤の地層に垂直の方向に大きく、水平方向の2倍位である(鈴木光:1973)。三ケ日の場合、歪計センサー付近の地層は、30~60度の角度で褶曲しているので、吸水膨張の影響が大きく出やすいことも考えられる。また、地形的に考察すると、北東方面の丘陵地帯より、猪鼻湖付近の低地の方が、降水は浸透しやすいと考えられる。

もう一つの考え方として、地下の温度変化のことがあるが、降水のため地下水位温度が変化すると考えると説明できるかもしれない。膨張するためには、歪計センサーだけを考えると、温度は下降しなければならない。しかし、まわりの岩石も含めて考えるとまわりの岩石の熱膨張率と歪計の効果とが相殺され、その大きさによって変わってくる。歪計は自由であれば、 $1.3 \times 10^{-4}/\text{C}$ の変化があるといわれているが、例えば、岩石が歪計と同じ程度の熱膨張率をもっているとするれば、温度変化の影響は現われない。岩石の熱膨張率は詳しく知られていないが、東伊豆の温度観測と歪の関係は、現在、歪に現われる変化(ドリフト)が全て温度によるものと仮定すると、 $0.5 \times 10^{-4}/\text{C}$ 程度である。三ケ日の場合もこの程度と仮定し、降水のあと膨張する歪変化が全て温度変化によるものとする、その年によって異なるけれども、 0.5×10^{-5} 程度の歪変化が認められるので、1/10C程度の変化が必要である。しかし、三ケ日で温度を測定した結果では、1/100C以下の変化しか認められないので、温度変化によるものとは考えられない。

降水のあと現われる歪変化は、岩盤の吸水膨張によるものと考えられる。

謝 辞

三ヶ日および東伊豆の温度測定について、北海道大学の島村英紀氏に大変お世話になったことを報告し、ここに感謝の意を表します。

参考文献

太田金房, 吉田明夫(1982): 地下水位と歪みの関係, 東管技術ニュース, 67, 56-62
 菅原正己(1972): 流出解析法, 共立出版社, 257
 菅原正己(1979): 統流出解析法, 共立出版社, 269

鈴木光(1973): 岩盤力学と計則, 内田老鶴圃新社, 339

田中寅夫(1979): 傾斜計・伸縮計記録に現われる降雨の影響とそのシミュレーション, 測地学会誌, 25, 91-100

田中寅夫, 細善信, 加藤正明(1979): 和歌山由良における傾斜, ひずみと降雨について, 測地学会誌, 25, 302-312

山内常生(1981): 降雨に対する地殻歪レスポンスのシミュレーション, 測地学会誌, 27, 40-49