

降雨及び湧水量変化の地殻ひずみの観測に 及ぼす影響について

——岩倉観測室の場合——

高田 理夫・古沢 保・竹本 修三
山田 勝

EFFECTS OF AMOUNTS OF RAINFALL AND DISCHARGED WATER UPON THE GROUND-STRAIN AT THE IWAKURA OBSERVATORY

By *Michio TAKADA, Tamotsu FURUZAWA, Shuzo TAKEMOTO*
and *Masaru YAMADA*

Synopsis

For the purpose of investigating effects of amounts of rainfall and discharged water upon the ground-strain, a discharge-meter was installed in the observation tunnel at Iwakura in 1978. As a result, strain changes of the E-1 extensometer which is orientated across the tunnel are closely related with variation of discharged water in the tunnel. And the increment of discharged water is caused by rainfall. E-2 and E-3 extensometers which are orientated along and nearly along the tunnel are not so much affected by rainfall. The maximum contraction of the E-1 component appears with delay of 3 days from the peak of the increment of discharged water.

1. は じ め に

京都市左京区岩倉長谷町の岩倉地殻変動観測室 (35°05'01"N, 135°48'11"E) において, 1965年4月以来, ローラー型スーパーインヴァール棒伸縮計, 水平振子型傾斜計を用いた光学記録方式による地殻変動連続観測が続けられている。その後, これ等の観測に及ぼす気象的擾乱の影響を調べる目的でアネロイド気圧計, バイメタル温度計の光学記録方式による観測及び電接計を用いた雨量計の観測も開始した。その結果, 岩倉観測室で観測される伸縮・傾斜変化は, 降雨及び坑内温度変化の影響を大きく受けていることが明らかになった¹⁾²⁾。また降雨に関連して坑道奥の壁面から観測室内部に流れ込む地下水量に増減が見られることから, 坑内湧水量変化とひずみ変化との関係を探る目的で1978年に流量計を設置した。この流量計は転倒ます型の雨量計と同じ構造であり, 約 850 cc の流水量に対して転倒ますが1往復する。この転倒回数を発光及び受光ダイオードを用いてカウントし, その値を1時間毎に時刻と共にプリンターに印字させている。なお, これと同タイプの流量計は既に宮崎地殻変動観測所にも設置されており, 順調に動作している³⁾。

今回は岩倉観測室に流量計が設置されて以来の約2年間の観測記録に基づいて, 降雨及び坑内湧水量変化とひずみ変化との関係を探った結果を報告する。

2. 観 測 結 果

Fig. 1 に坑道内部の計器の配置を示す。E-1, 2, 3 はローラー型スーパーインヴァール棒伸縮計, T-A, B は水平振子型傾斜計, t はバイメタル温度計, b はアネロイド気圧計であり, D は今回新しく設置した流量

計である。これ等の計器による1978年10月から1980年12月までの観測結果を **Fig. 2** に示してある。図で坑内温度変化 ($-T$) は温度の下りを上向きにとってある。また降雨量については1980年8月～9月の間、岩倉観測室の雨量計が故障していたためにこの間の雨量は当観測室から南西へ約 3.5 km 離れた京都大学農学部附属演習林上賀茂試験地における測定値を使わせていただいた。

既に報告したように³⁾、坑道に沿う方向の伸縮計 (E-2; E15°S) 及びこれと22度異なる方向の伸縮計 (E-3; E37°S) の観測値は坑内温度変化と高い相関を示し、坑道を横切る方向の伸縮計 (E-1; N15°E) には温度変化

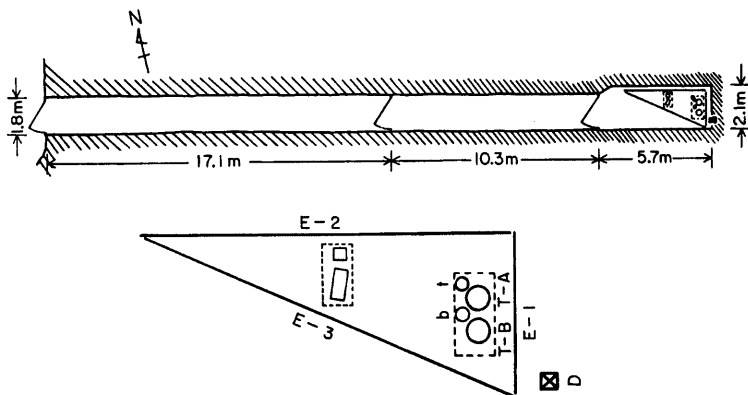


Fig. 1. Arrangement of instruments,
E-1, 2, 3...extensometers, T-A, B...tiltmeters, t ...thermometer, b ...barometer,
D...discharge-meter.

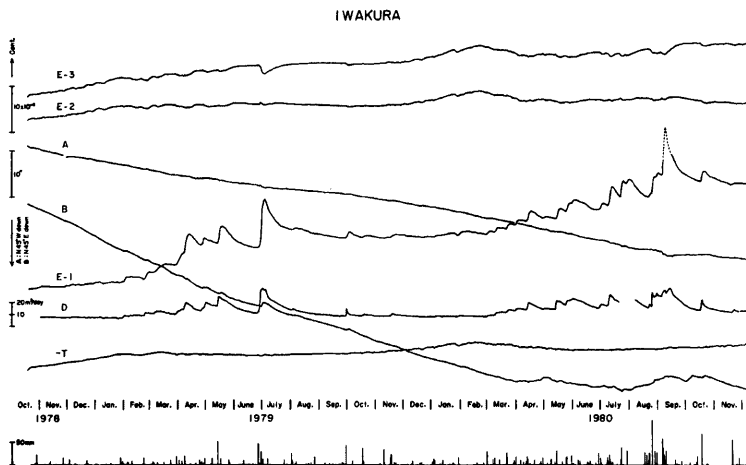


Fig. 2. Variations of ground-strains (E-1~3), ground tilts (A, B) and room temperature ($-T$) and amount of discharged water (D) and precipitation.

の影響がそれ程顕著でないというこれ迄の傾向は **Fig. 2** に示されている最近2年間の結果についても変わらないと言える。

次に坑内湧水量 (D) とひずみ変化とを比較すると、E-1 成分は坑内湧水量と極めて良く似た変化を示している。即ち、 $20 \sim 30 \text{ mm/day}$ を越える降雨があった場合、雨の降りはじめから6～10時間遅れて湧水量が急激に増加し、それに伴って E-1 成分には顕著な縮み変化が見られる。また、E-2 及び E-3 成分は降雨に伴って伸びの変化を示すが、その変化量は E-1 成分に比べてはるかに小さい。1979年2月～3月のように日雨量が 30 mm に達しなくても坑内湧水量及び E-1 成分に変化が見られる場合があるが、この場合でも湧水量変化がはじまる日からさかのぼって5日間の降雨量を合計すれば、この間に 30 mm 以上の雨が降っている。降雨の少ない冬期には坑内湧水量が毎年ほぼ一定となり、その量は $7 \text{ m}^3/\text{day}$ 程度である。1979年7月と1980年9月には坑内湧水量が $30 \text{ m}^3/\text{day}$ に達し、約2年間の観測期間中で最大であった。また1979年9月末と1980年10月に見られる湧水量のパルス状の変化は台風通過により短時間に集中して雨が降った場

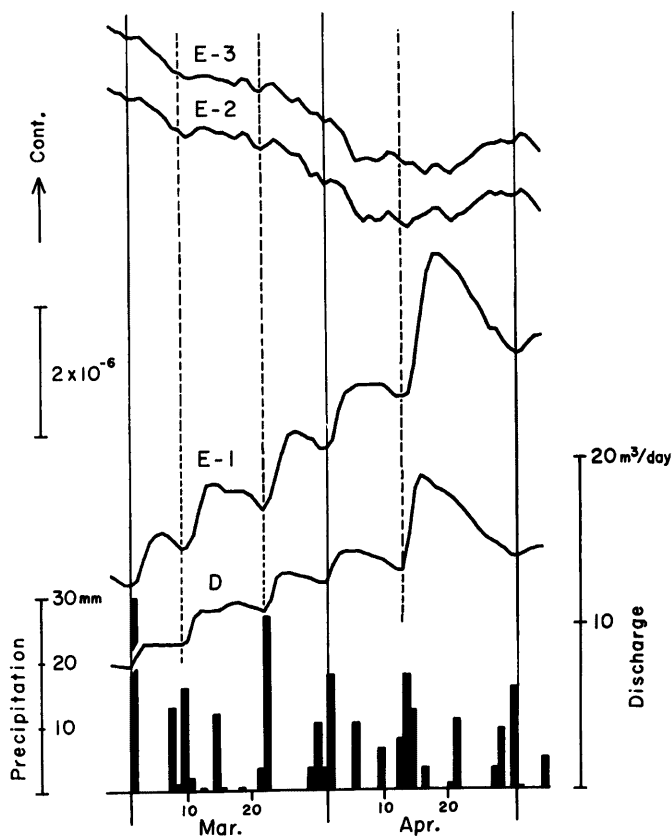


Fig. 3. Variations of ground-strains (E-1~3), amount of discharged-water (D) and precipitation for the period of about two months.

合であり、通常の降雨の場合とは異なる。

降雨及び坑内湧水量変化とひずみ変化との関係をさらに詳しく見たのが Fig. 3 である。図は1980年3月～4月の約2ヶ月間の伸縮変化と坑内湧水量及び降雨量を示してあるが、20～30 mm 程度の雨が降るとその日のうちに湧水量 (D) 及び坑道と直交する方向の伸縮計 (E-1) に明瞭な変化があらわれる。しかし E-1 に見られる急激な縮み変化のピークは D のピークに比べて3日前後、遅れている。これは同じ方式で坑内湧水量の測定を行なっている宮崎観測所における結果⁹⁾と著るしく異なる点である。また Fig. 2 及び Fig. 3 に見られる D と E-1 のピークを過ぎて後の戻り方は D の方が回復が早い。そして雨の少ない期間がしば

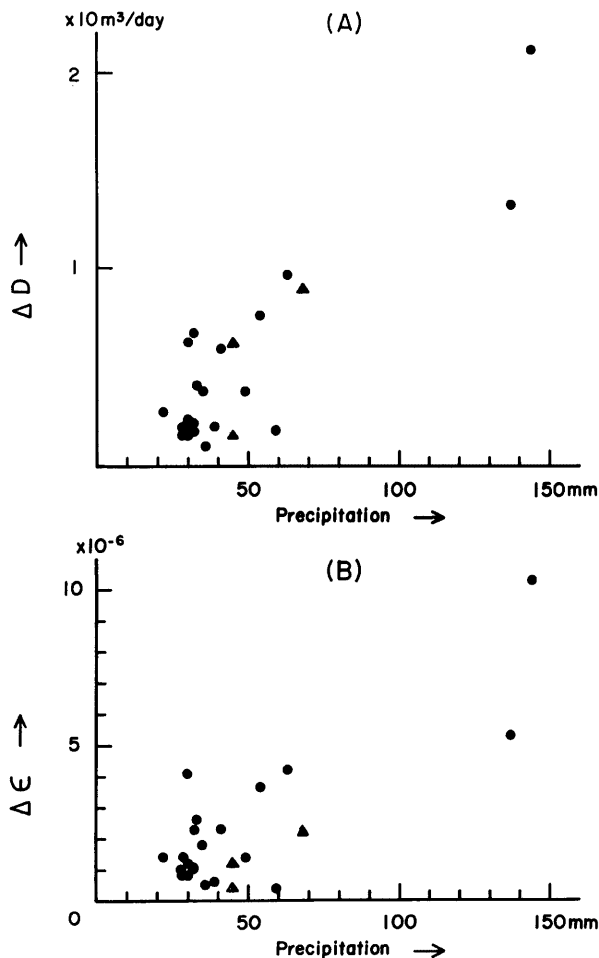


Fig. 4. (A) Relation between precipitation and increment of discharged water (ΔD),
(B) relation between precipitation and increment of ground-strain ($\Delta \epsilon$).

らく続く冬期には D は毎年同じレベルまで戻っているのに対して、E-1 は1年経っても前のレベルまで戻りきらず、そのために年々ひずみが累積されて行くように見える。

Fig. 4 (A), (B) は降雨—坑内湧水量変化、降雨—ひずみ変化の量的関係を示したものである。横軸は坑内湧水量変化が始まった日からさかのぼって5日間の降雨量の合計であり、縦軸の ΔD 及び $\Delta \epsilon$ はそれぞれ湧水量変化及び E-1 成分のひずみ変化について、変化の始まりからピークまでの量である。図で (▲) 印で示した点は台風に伴う雨の場合であるが、(●) 印で示したそれ以外の通常の降雨の場合と比べて系統的な差は認められず、全体として降雨量の増加につれて ΔD , $\Delta \epsilon$ 共に増大している。しかし 30~60 mm の範

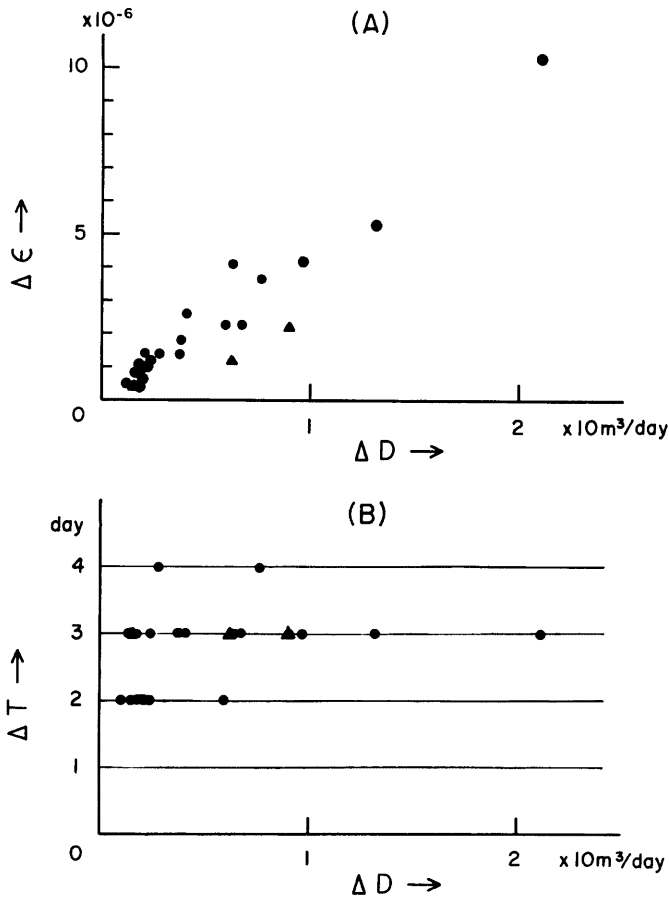


Fig. 5. (A) relation between ΔD and $\Delta \epsilon$ which are defined in Fig. 4. (B) relation between D and delay time (ΔT) of the maximum contraction from the peak of increment of discharged water.

囲の降雨量に対してはかなりばらつきが大きい。そこで次に ΔD と $\Delta \varepsilon$ を直接比較して見たのが Fig. 5(A) である。これは Fig. 4(A), (B) に比べてはるかにばらつきが小さくなっており, (▲) で示した台風に伴う雨の場合を除けば, ほぼ直線的な比例関係が成り立っている。即ち $10\text{ m}^3/\text{day}$ の湧水量増加に対して E-1 成分は 5×10^{-6} の縮みを示す。

Fig. 5(B) は坑内湧水量変化のピークに対するひずみ変化のピークの遅れ (ΔT) が湧水量変化 (ΔD) の大きさに依存するかどうかを調べた結果であるが ΔT は ΔD の量に関係なく, 常に3日前後の遅れを示すことがわかった。

以上の結果をまとめて見ると次の通りである。

3. ま と め

岩倉地殻変動観測室の坑内湧水量の増減は降雨と密接な関連を持っており, その最小値は冬期において約 $7\text{ m}^3/\text{day}$ である。また最大値は梅雨期の後, 或いは雨台風の後などで冬期のレベルの数倍以上の $30\text{ m}^3/\text{day}$ にも達する。

坑内湧水量の増加に比例して坑道を横切る方向の伸縮計 (E-1) は大きな縮み変化を示すが, 坑道に沿う方向に近い伸縮計 (E-2, 3) はあまり影響を受けない。E-1 成分の縮み変化のピークは湧水量変化のピークより3日前後遅れてあらわれる。また湧水量の増加と共に生じたひずみ変化は湧水量が減少してももとの状態まで戻らず, そのために年々ひずみが累積されて行くように見える。

地殻ひずみの観測に及ぼす降雨の影響が観測坑道を横切る方向の成分及び垂直成分に極めて大きくあらわれ, 坑道の軸に沿う方向の成分にはその影響が小さいという傾向は井手⁵⁾, 天ヶ瀬⁶⁾ における観測結果にも同様にあらわれている。しかも両観測所共に降雨に伴って坑道を横切る方向の水平成分は縮み変化を示し, 垂直成分は伸びの変化を示しており, 今回の岩倉観測室における結果と矛盾しない。これ等の結果に加えて, 宮崎観測所における観測結果も合わせて考え, 降雨の地殻ひずみ観測に及ぼす影響の共通の性質について今後詳しく検討して行く予定である。

おわりに流量計を製作していただいた小林年夫技官に深く感謝すると共に, 雨量計の記録を見せていただいた京都大学農学部農業工学教室丸山研究室の小林真太郎氏及び農学部附属演習林上賀茂試験地の加藤景生氏にあつくお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 竹本修三: 京都岩倉における地殻変動観測 (I), 京都大学防災研究所年報, 第10号 A, 1967, pp. 157-164.
- 2) 竹本修三, 山田 勝: 京都岩倉における地殻変動観測 (II), 京都大学防災研究所年報, 第13号 A, 1970, pp. 71-78.
- 3) 高田理夫, 古沢 保, 竹本修三, 山田 勝: 京都岩倉における地殻変動観測 (IV), 京都大学防災研究所年報, 第17号 B, 1974, pp. 57-62.
- 4) 高田理夫, 古沢 保, 竹本修三, 尾上謙介, 寺石真弘, 園田保美: 宮崎地殻変動観測所における地殻変動観測 (第1報), 京都大学防災研究所年報, 第22号 B-1, 1979, pp. 61-77.
- 5) Takada, M.: On the Observation of the Crustal Deformation and Meteorological Effect on It at Ide Observatory, Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Vol. 8, No. 23, 1958, pp. 1-11.
- 6) 高田理夫, 古沢 保, 竹本修三, 山田 勝: 天ヶ瀬地殻変動観測所における地殻変動観測 (第4報), 京都大学防災研究所年報, 第23号 B-1, 1980, pp. 47-54.