

北陸観測所トンネルの伸縮計設置

竹内文朗・大谷文夫・森井 亙・尾上謙介・
細 善信・和田安男・園田保美

要 旨

2003年始めより、近畿北部の地殻変動に異常が見られる。京都府宇治市の天ヶ瀬観測室坑道では、3成分の伸縮計が、それ以前を大きく上回る縮みを示すようになり、現在に至っている。一方この北東約200kmの岐阜県高山市の上宝観測所蔵柱観測室では、極めてわずかな変化しか生じていない。この違いの原因等を調べるため、両観測点のほぼ中間に位置する福井県鯖江市内の北陸観測所坑道に伸縮計を設置した。本稿では、設置の状況と観測データを示し、今後の研究に役立てる。

キーワード： 地殻変動、伸縮計、天ヶ瀬観測室、北陸観測所、異常ひずみ

1. はじめに

2003年3月頃より近畿中北部に異常な地殻変動が起こり現在も継続している(森井ら, 2005)。この範囲には防災研究所の4つの地殻変動観測点が存在し、その中でも特に天ヶ瀬観測室(宇治市槇島槇尾山, $34^{\circ} 52' 48''$ N, $135^{\circ} 50' 09''$ E, 標高 61.0m)(原田ら, 2000)では, N 27.5° W の伸縮計には大きな縮みが見られ, 現在も継続中である。一方, 高山市上宝町にある上宝観測所蔵柱観測室($36^{\circ} 16' 48''$ N, $137^{\circ} 19' 37''$ E, 標高 760m)(和田ら, 1996)では変動幅が他点の数割程度に収まる状態が続いている。両点は200 km 程度離れており, その間の状態を調べるためほぼ中間に位置する北陸観測所の坑道に伸縮計を設置した。(Fig. 1, Photo 1)

北陸観測所は数点の衛星観測点を近傍3県にもち, 微小地震の観測が30余年にわたり継続されている。また, 創立前後より地殻変動観測が行なわれ, 最近にも伸縮計のテストが行われた。坑道内には3成分伸縮計用の台が残されており, 新たな伸縮計設置には準備が整っていた。位置的には神戸ー新潟の歪集中帯に近く, 観測を始める意義は深いと思われた。

また, 同坑道は数本が縦横に組まれていて, 北陸地方の微小地震観測のみならず, 周期の長い地震波観測や電磁気的変化の観測点としても活用されてい

る。防災研究所本所より2時間程度の位置にあり, 設置後の維持にも有利である。以下に今回の設置状況を詳しく記し, 今後の研究に役立てたい。

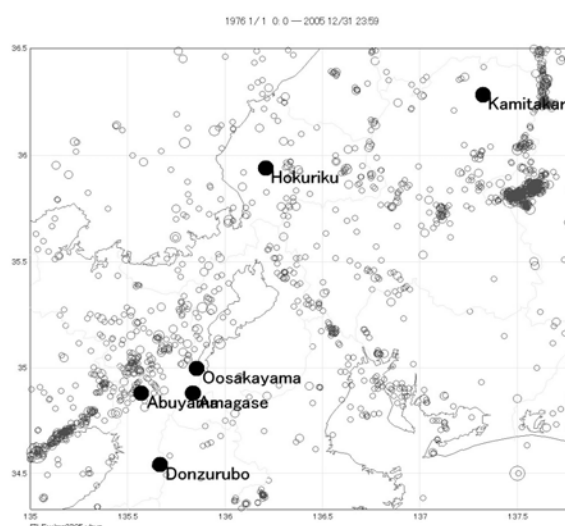


Fig.1 Map showing the crustal movement observation stations (Black big circle) with their names. Hokuriku is the station where the new extensometers are set. Small circles are the M>3 earthquakes, from 1976 to 2005. (Data: Japan Meteorological Agency), (Seis-pc Ver.1.25, Ishikawa and Nakamura, 2003 was used)



Photo 1 The tunnel of the Hokuriku Observatory (E: east) with the Hokuriku Observatory building (S: south).

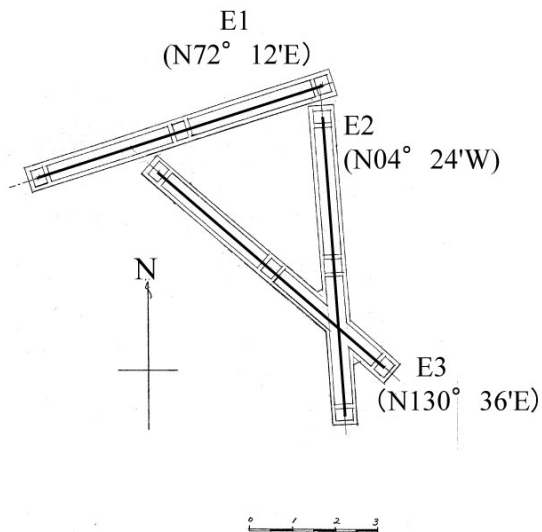


Fig. 2 Setting of the extensometers. The lengths of them are 7m. The directions of the instruments are also shown.

2. データ

2.1 機器設置の状況

伸縮計の設置は 2005年10月6-7日及び2005年10月13-14日に行なった。この時には伸縮計3成分 (E1: N72° 12' E, E2: N175° 36' E, E3: N130° 36' E, 設置場所は, 35° 56' 15.0" N, 136° 12' 45.0" E, 標高 20m) と雨量計を設置した。伸縮計位置は坑道入り口より約50mで, 固定端より7mの位置に差動トランスを取り付けた。(Photo 2) 雨量計は坑道の外約50m の北陸観測所庭においた。これらのデータは観測所内のデータロガーに保存され, 毎夜電話で宇治へ送付される。収録間隔は10秒である。2006年1月17-18日にはこれらに加え, 気圧計, 温度計を伸縮計側に置き, 同じくロガーを通して宇治でデータ保

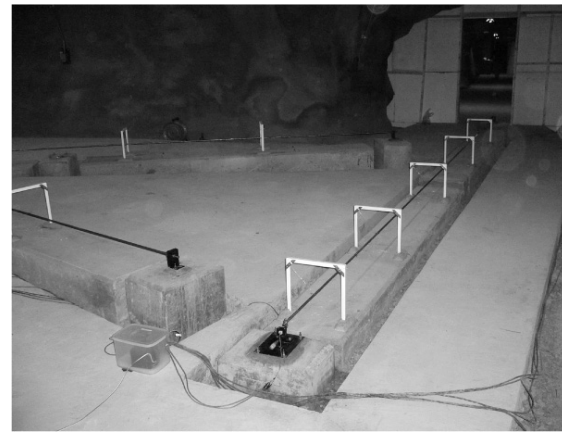


Photo 2 Extensometers setting. The whole length of the rod is more than 7m. the amplifiers are in the white boxes.

存されている。以下観測点諸量を再記も含め記す。

観測場所

北陸観測所に隣接する坑道 (35° 56' 15.0" N, 136° 12' 45.0" E, 標高 20m) 内。

設置日 2005年10月 6 日, 7 日, 13日, 14日,

伸縮計, 雨量計

追加 2006年 1 月17日, 18日, 気圧計, 温度計

記録計

伸縮計3成分 (E1: N72° 12' E, E2: N175° 36' E, E3: N130° 36' E), 各7m長, 上記順に ch. 1, 2, 3

差動トランス: 新光電気 1591-9D形

アンプ: 同 1050型, 感度: 25mv/μm

伸縮計, 差動トランス, アンプの総合感度

1.00 Volt 出力 = 5.71×10^{-6} の歪

気圧計 ch. 4 1V = 28hPa

温度計 ch. 5 東京電波株式会社 DMT-610B

0.001°C測定, 0.01°C単位記録

雨量計 ch. 6 0.5 mm/digit,

ロガー

白山工業株式会社 DATAMARK LS3000, 10秒サンプリング, ± 2 Volt, 0.0001 Volt 単位

送信

北陸観測所内の普通電話より夜間送信。宇治研究室にて受信, パソコンに取り込む

2.2 観測データ

ここでは観測結果をまとめて示す。Fig. 3 は2005年10月15日から2006年4月30日までの伸縮計データと雨量値である。伸縮計のデータサンプリングは10秒間隔であるが, ここでは00分00秒, 30分00秒の30分間隔値を示す。横軸は日を表し, 2005年 1 月 1 日

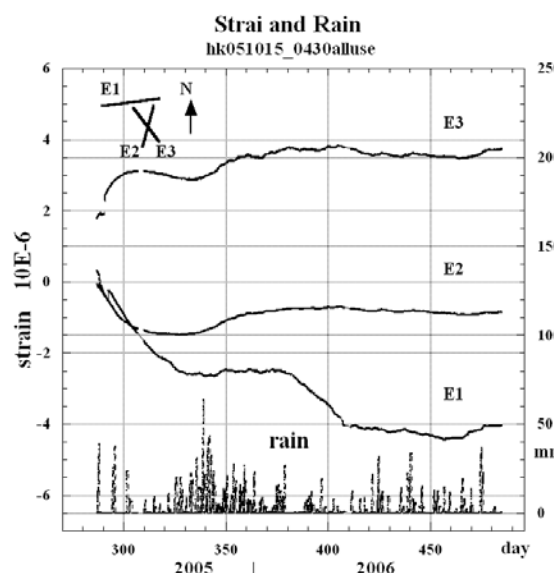


Fig.3 Strains observed by the 3 extensometers, from the beginning of their setting (Oct. 15, 2005) to Apr. 30, 2006. The horizontal axis show the day number from Jan. 01, 2005. The directions of E1, E2, E3 are shown on the head. All of the 3 trends have large drifts for about 1 to 2 month, just after the starting. E1 again shows a large drop in the beginning of 2006.

Rainfall shows a large value as shown by the write vertical axis. This may be because of the much snow this winter. Anyhow, all of the 3 extensometers seem to be becoming much stable.

00時00分が0.00000 に対応する。グラフは上からE3, E2, E1 の伸縮計出力を示し、左縦軸はその目盛りである。最下は雨量を示し一日の積算である。右側にこの単位を記した。冬場が主のため、積雪量が含まれている。歪量を見ると、この半年強で 10^{-6} 以上の変化が各成分に見られる。特に設置直後の1~2ヶ月の変化は大きく、自然現象とは言えない。その後もE1 の380日~410日付近は急な縮みがある。E3, E2 にはこれに対応するものはない。E1 の方向の自然現象か、或いはこの機器固有のドリフトであるかは不明である。来年同期に似た傾向が見られれば、自然現象の可能性が考えられる。E3, E2 は2006年1月~4月の揺らぎが 0.3×10^{-6} 程度であり安定して来ている。いずれも今後1年間程度のデータを注意深く見てゆきたい。

3. 解析

おおよそのデータ収録状態を示すため、データが比較的安定して来たと思われる2006年3月の記録を

BAYTAP-G (Tamura et al, 1991)により検討してみた。使用したのは3成分の伸縮計出力と気圧データで、各々30分間隔値である。Fig. 4, 5, 6 は、伸縮計番号E1, E2, E3に対応する。各図で最上が観測データ、以下、トレンド、気圧依存項、潮汐成分で最下段は原データよりこれら3成分を除いた剰余項である。気圧変化が伸縮計に及ぼす影響は、その時点と30分前の観測値から求めた。トレンドは、その3次微分値に最小二乗法を適用して滑らかさを規定した。観測データの最大最小幅はE1 が最も大きく、他成分についても 10^{-7} を越す。なお、図の歪値はすべて 10^{-9} 単位で表している。気圧、潮汐などの影響は 10^{-8} 程度で小さく、全体としてみれば安定にはしばらくかかると思われる。観測結果の利用には更に半年~1年が必要と考える。

気圧については、坑道内に置いた気圧計のデータ

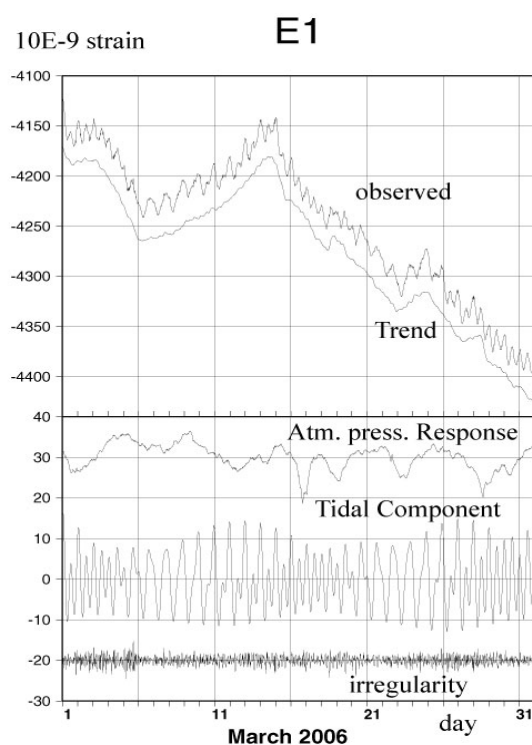


Fig. 4 Analysis of the observed strain by the Baytap-G program. The top is the observed data for E1. The second, the third and the fourth are smooth trend, atmospheric pressure response and tidal component, respectively. The lowest is the irregularity which is made by the observed data minus 3 calculated components. E1 shows the largest change of the three extensometers. Next, the data of the rain fall and the temperature will be necessary to consider.

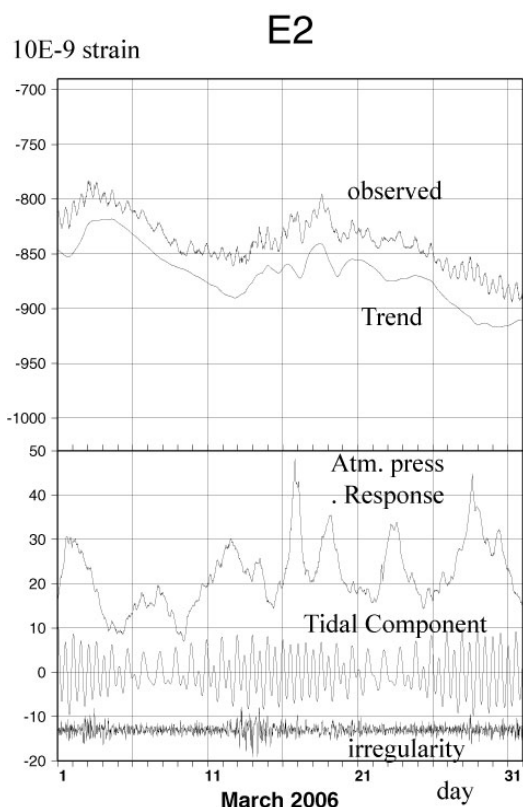


Fig. 5 Analysis of the observed strain by the Baytap-G program for E2. The pattern in the figure is the same as Fig.4. The trend seems to be most stable in this line.

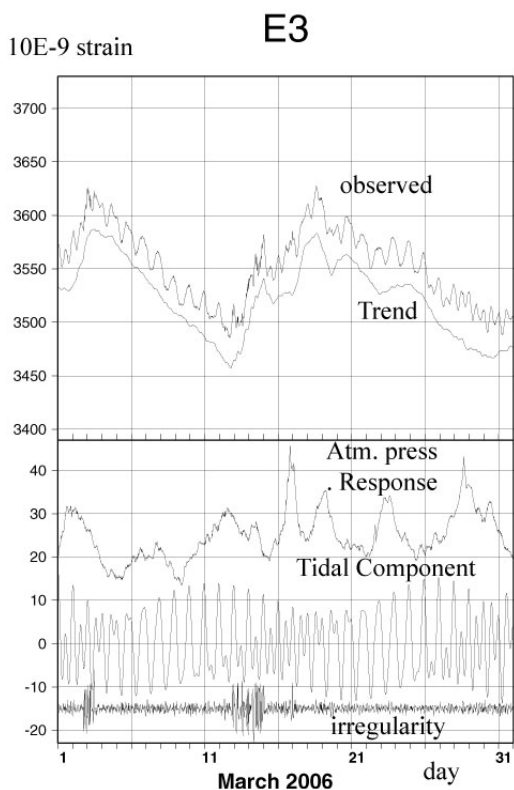


Fig. 6 Analysis of the observed E3 strain by the Baytap-G program.

を使用した。強い低気圧の接近時にはロガーの収録範囲を超えた。そこでこの期間（28時間分）は福井地方気象台の値を援用した。欠測期間以外は北陸観測所坑道内と福井地方気象台の値はほぼ直線関係にある事を確認し、係数を求めて使用した。なお、この気圧計はベローズ式で、その変形を差動トランスで電圧に変えロガーに送信している。

データ収録サンプリング間隔は、現在10秒間隔であるが、地震波との関連を調べたりするにはもう少し短い間隔が望まれる。ノイズの大きい成分もありこれも検討課題である。

坑道から約50mの観測所庭に雨量計も設置され、伸縮計と同時に測定を開始したが今回は結果を用いるに至らなかった。

4. 今後の方針

以上、北陸観測所への3成分伸縮計設置が進みデータが得られているが、観測体制の確立までにはまだ必要な作業や改良点も残っている。例えば、現在伸縮計3成分の感度は概算値であり、キャリブレーションが必要である。また気圧計は、上述のように振り切れが発生している。これについては近日中にGPS時計内蔵のロガーに変更し、フルスケール±5V、サンプリングも1秒間隔にする予定である。気温は1/100度単位で記録されているが、使用温度計は1/1,000度まで測定できる。高精度記録が必要なら設定変更を行ないたい。

データは現在観測所本所内のロガーが保存し、夜間電話回線で宇治に送信されている。これもLAN使用にする予定である。その他、地震計出力を同時に記録するなどの改善を進め、併せて他の観測坑データと比較検討を進めていきたい。

謝 辞

伸縮計の作成、設置、保守には地震予知センターを定年退職された松尾成光様、技術員平野憲雄博士、福井工業高等専門学校岡本拓夫博士、西上欽也博士にお世話になりました。深く感謝致します。経費の一部に、地震予知研究センタープロジェクト研究費を利用した。

参考文献

原田昌武・古澤 保・大谷文夫・森井 亙・山田 勝

- (2000) : 天ヶ瀬地殻変動観測室における地球潮汐歪, 京都大学防災研究所年報, 第43号B-1, pp. 123-128.
- 森井 亙・重富國宏・尾上謙介・中村佳重郎・大谷文夫・細 善信・和田安男(2005) : 近畿地方の最近の地殻変動について, 京都大学防災研究所年報, 第48号B-1, pp. 197-202.
- 和田安男・土居 光・田中寅夫(1996) : 上宝における地殻変動連続観測結果, 京都大学防災研究所年報, 第39号B-1, pp. 251-259.
- Tamura, Y., Sato, T., Ooe, M. and Ishiguro, M. (1991): A procedure for tidal analysis with a Bayesian information criterion, *Geophys. J. Int.* Vol.104, pp.507-516.

Establishment of Extensometers set in the Tunnel of the Hokuriku Observatory

Fumiaki TAKEUCHI, Fumio OHYA, Wataru MORII, Kensuke ONOUE,
Yoshinobu HOSO, Yasuo WADA and Yasumi SONODA

Synopsis

In the Amagase observatory, Uji, Kyoto, all of the three components of the extensometers show a large reduction after March 2003. However, the extensometers in the tunnel of the Kurabashira, Takayama city, Gifu prefecture, only show small differences, on the contrary. To inquire this reason, we started to establish a new extensometer set in the tunnel of the Hokuriku observatory which is near the middle point of the two observation stations. We will show the details of our setting, and also show some observed data.

Keywords : Crustal movement, extensometer, Amagase observatory, Hokuriku Observatory, Abnormal strain