

メカニカル拡大システムを用いた短スパンひずみ計の開発

松尾成光・尾上謙介・重富國宏・森井 亙・浅田照行・細 義信

高橋輝雄*・石井 紘**

* 京都大学大学院人間・環境学研究科

** 東濃地震科学研究所

要 旨

既存の坑道を利用することを前提とした，設置が簡易で比較的経費のかからない短スパンひずみ計の開発を試みた。長スパンの基準尺ひずみ計と同等の感度を得るために石井等が開発したメカニカル拡大システムを用いた。試作の円筒形短スパンひずみ計を逢坂山観測所坑道内の岩盤内に固着し，観測を開始した。潮汐ひずみ変動や地震が記録でき，伸縮計として利用できることが確かめられた。

キーワード：短スパンひずみ計，メカニカル拡大システム，円筒

1．はじめに

ひずみ計は，地球潮汐や地殻変動観測の最も有力な観測手段であるとともに，その周波数フリーという特性を活かした，数 Hz の地震波からコサイズミックなストレインステップまでカバーする広帯域の地震計でもある。

ひずみ計は，温度係数の小さい石英管や特殊合金であるスーパーインバール棒と差動トランスなどの変位センサーで構成されている。高感度・高精度の観測を維持するために，基準尺の長さは十数メートル以上である。さらにひずみ計による観測は，気温変化や地上の擾乱を避けるために，水平坑道内や深部ボアホール内において行われている。

観測坑道や深部ボアホールを掘削し，長スパンの基準尺ひずみ計を設置するには多額の経費を要する。このことは，さらに多くの情報を得るための多点観測やアレー観測の展開の妨げとなっている。そこで我々は，既存の坑道を利用することを前提とした，設置が容易で，しかも現在観測に供されているひずみ計と同等の感度を有するひずみ計の開発を試

みた。

2．システムの概要

地上の擾乱を避けるために既存の坑道等を利用

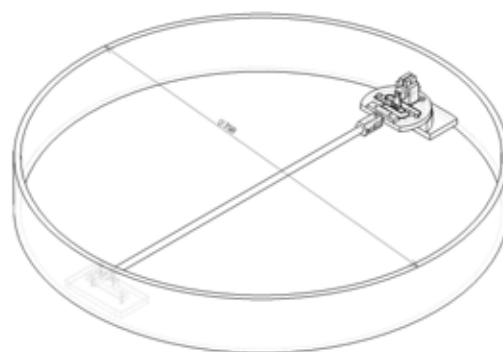


Fig. 1 Schematic view of a short span strain-meter in cylinder.

してひずみ計を設置するには，基準尺はできるだけ

短く、計器そのものは可搬型のコンパクトなものにすることが必要である。今回、試みに 750mm スパンのひずみ計を作作製した。その概観を Fig. 1 に示す。これは、厚さ 10mm、幅 100mm、直径 750mm のステンレス製の円筒とスーパーインバー棒で構成されている。円筒の内壁の一点を固定端とし、中心を通り相対する円筒の内壁に溶接された台座にセンサーを取り付け、その間をスーパーインバー棒でつなぎ、変位を測定するという構造である。このような円筒形にすることで、任意の方向にひずみ計を取り付けることができる。10メートル以上の長スパンひずみ計に相当する感度を得るために、拡大システムとして、石井等(石井他, 1990)が開発したメカニカル拡大システムを用いた。このシステムにより約 16 倍に変位



Photo 1 Calibration of the short span strainmeter by using a device with screw.

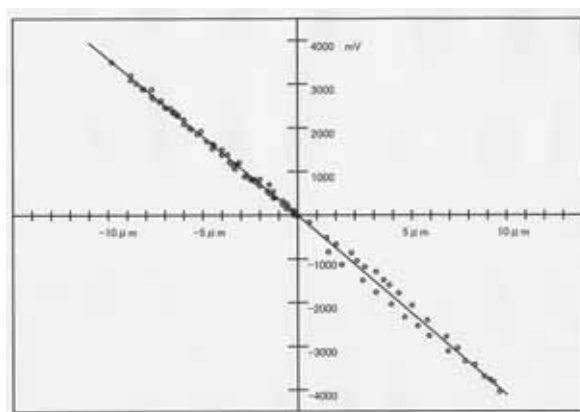


Fig. 2 Calibration of short span strainmeter system. The axis of abscissas is displacement of cylinder. The axis of ordinate is output of system. $Y = -358X + 14.5$

を拡大することが可能である。すなわちスパンが 12m 相当のひずみ計と同等になると考えられる。センサーは差動トランスである。今回は 1 成分のみで、このひずみ計を取り付けた円筒を岩盤内に固着する。

3. 較正

短スパンひずみ計システムの感度を調べるためにスクリーにより円筒を締め付け、或いは押し広げることで円筒を変形させて変位を与えた (Photo 1)。変位測定には岩崎通信社製の無接点変位計 (ST-3501, 感度 10V/mm) を用いた。測定結果を Fig. 2 に示す。直線近似から求められた感度は 358mV/μm である。

4. 短スパンひずみ計の設置

短スパンひずみ計は、従来の長スパンひずみ計と比較するために、逢坂山観測所(重富他, 1988)の観測坑道内 (Fig. 3) に設置された。短スパンひずみ計は岩盤に固着させることが重要である。坑道口から

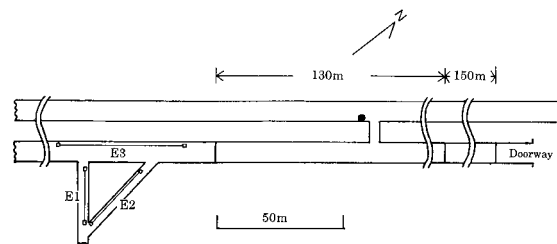


Fig. 3 Position of the short span strainmeter (•) and arrangements of long span strainmeters (E1, E2, E3) in tunnel of Osakayama Observatory.



Photo 2 Hard rock in a hole excavated for setting the short span strainmeter.



Photo 3 The setting of the cylinder of the short span strainmeter into the hole.

約 240m の地点で、約 2m の深さに掘削すると硬い頁岩層が露出した。岩盤はほぼ平坦になるように整地された(Photo 2)。さらに周囲からの湧水を遮断するために型枠を用いて防水モルタルセメントを充填し、円筒の設置が容易になるように整形した。短スパンひずみ計の円筒は膨張セメントで固着された(Photo 3)。短スパンひずみ計の方位は主坑道と平行方向の N38°E で長スパンひずみ計の E3 成分と同じである。

5. 観測

短スパンひずみ計の設置は 2005 年 1 月 24 日に完了した。観測は掘削孔内の湧水の防止を確認して 1 月 31 日から開始した。ひずみ計の出力は 10 秒サンプリングでロガー(白山工業,LS3350)に収録された。観測結果の記録例を Fig. 4, 5 に示す。

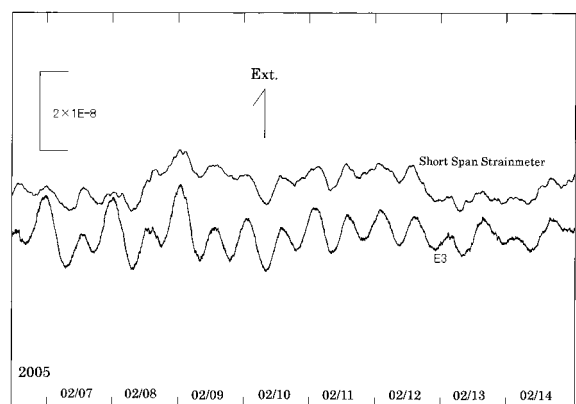


Fig. 4 Examples of strain records by the short span strainmeter and the long span strainmeter (E3) with same orientation of N38E.

観測開始当初は岩盤掘削や使用したセメントの固着までの擾乱と考えられる大きなドリフトが見られた。約 6 日後からドリフトの反転が見られ、それとともに潮汐変動が確認された。ドリフトを除去した記録例を Fig. 4 に示す。短スパンひずみ計は観測開

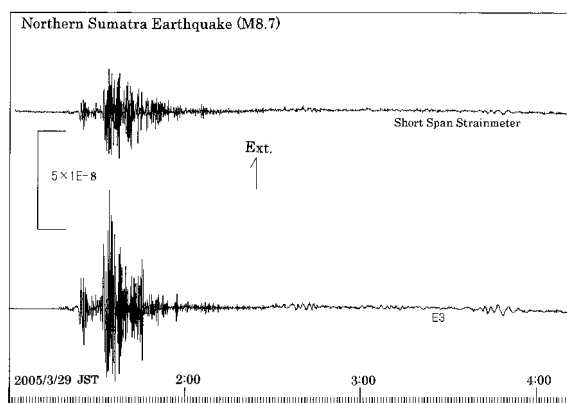


Fig. 5 Examples of strain seismograms of the Northern Sumatra earthquake (M8.7) occurred on 16:09 28 March 2005 (UTC), observed by both strainmeters.

始後まもないため振幅の大きさに不安定さが見られるが、同時期の同じ方位の長スパンひずみ計(E3)と比較すると、潮汐変動の位相はほぼ一致していることがわかる。Fig. 5 は 3 月 28 日 16 時 09 分(UT)にインドネシア北スマトラ島沖で発生した M8.7 の巨大地震の記録である。二つのひずみ地震波記録の初動付近の波形には良い一致が見られる。また数時間後の地球周回の地震波が確認できる。しかし、振幅には若干の違いが見られる。観測開始から 3 ヶ月が経過し、ドリフトもほぼ長スパンひずみ計(E3)と一致が見られるようになった。

6. おわりに

750mm の短スパンひずみ計で潮汐変動や地震波が観測できることから、ひずみ計として使用できることが確認できた。しかし、振幅の値や、地震波については波形の違いなどについてさらに検討しなければならない。これらについては、ステンレス製の円筒の影響を調べるために、3 成分の短スパンひずみ計を作って観測を行いたい。

参考文献

石井 紘・松本滋夫・平田安廣・山内常生・高橋辰

利・鈴木喜吉・渡辺 茂・若杉忠雄・加藤照之・
中尾 茂(1992)：新しい小型多成分ボアホール歪
計の開発，地球惑星科学関連学会 1992 年合同大
会予稿集，C22-03.

重富國宏・橋田匡邦・藤井伸蔵(1988)：逢坂山地殻
変動観測所における地下水位の連続観測について，
京都大学防災研究所年報，第 31 号，B-1，pp.19
- 28.

Trial Manufacture of Short Span Strainmeter using a Mechanical Magnification System

Shigemitsu MATSUO, Kensuke ONOUE, Kunihiro SHIGETOMI, Wataru MORII,
Teruyuki ASADA, Yoshinobu HOSO, Teruo TAKAHASHI* and Hiroshi ISHII**

* Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

* * Tono Research Institute of Earthquake Science

Synopsis

We developed a short span strainmeter using a mechanical magnification system. The cylinder of the short span strainmeter was installed into hard rock about 2 m in depth in a tunnel at Osakayama observatory. Observation of the short span strainmeter was started from 31 Jan.,2005. As compared with the long span strainmeter(E3) with the same orientation, we confirmed that the short span strainmeter could obtain records of tidal changes and strain seismograms of the northern Sumatra earthquake similar to records of the E3. We were certain that the short span strainmeter could be useful for observing ground strains. We will plan the next manufacture of the short span strainmeters with three components in the cylinder.

Keywords: short span strainmeter, mechanical magnification system, cylinder