屯鶴峯地殻変動観測所における地殻変動観測（第２報）

高田理夫・尾上謙介

ON THE OBSERVATION OF THE CRUSTAL DEFORMATION AT DONZURUBO CRUSTAL MOVEMENT OBSERVATORY (2ND REPORT)

By *Michio* TAKADA and *Kensuke* ONOUE

Synopsis

For the purpose of studying the crustal deformation and the prediction of earthquakes, the Donzurubo observation station reformed galleries of abandoned air-raid shelters located at Kashiba-cho, Nara Prefecture was opened in 1965. In 1967, the Donzurubo Crustal Movement Observatory planned by the "Earthquake Prediction Research Plan in Japan" was established as based on this observation station.

The observations of ground-strain and ground-tilt are being carried out by the super-invar-bar extensometers, the super-invar-wire extensometers, the horizontal pendulum tiltmeters and the watertube tiltmeters in these observation galleries since Apr., 1966. Furthermore, these writers have begun to observe the ground-strain by the silica-tube extensometers and the strain seismographes, since July 1968.

This paper contains the some results of observation.

1．序

屯鶴峯地殻変動観測室は1965年に，地殻変動の連続観測を行ない，地殻変動と地震の発生との関係を究明し，地震予知の方法を研究する目的で開設され，以来伸縮計や傾斜計による地殻変動の連続観測が続けられてきたが[1)]，1967年に地震予知研究計画の一環として，防災研究所附属屯鶴峯地殻変動観測所が新設されると同時に同観測所の観測室として新発足することとなった。これを契機に観測の充実を計るため，新に斜の坑道約 20 m を掘さくすると共に，坑道内にコンクリート・ブロック造の記録室 R-1, R-2 の２室を設け，また入口の半地下の遠隔記録室を２階建延 48 m² の遠隔記録室 T.R.R. に改修し，三成分の水晶管伸縮計（ひずみ地震計兼用）を新設し前記２記録室内で直接記録を取ると共に，水晶管伸縮計のアナログおよびディジタル記録，水平振子型傾斜計のディジタル記録，ひずみ地震計のアナログ記録は入口の遠隔記録室で行なわれている。この間1968年２月末より約３カ月間は坑道掘さく工事のため観測は一時中止を余儀なくされたが，観測開始以来約３年間の観測記録について考察し報告する。

2．観測の概略

観測室内の計器配置は **Fig. 1** に示したが，スーパー・インヴァール棒伸縮計（E-2），６成分のスーパー・インヴァール棒伸縮計（Ⅰ・Ⅱ・……Ⅵ），スーパー・インヴァール線伸縮計（E-1・S-1），水平振子型傾斜計（P.T.-1・3・4・5），水管傾斜計（W.T.-1・2）は観測室開設以来観測を行なっており，水管傾斜計を除き何れも光学的な写真記録法を採用している。水管傾斜計はマイクロメーターによる直接読取法を採用していたが，数カ月前からフロートを利用した光学的な写真記録法を併用している。

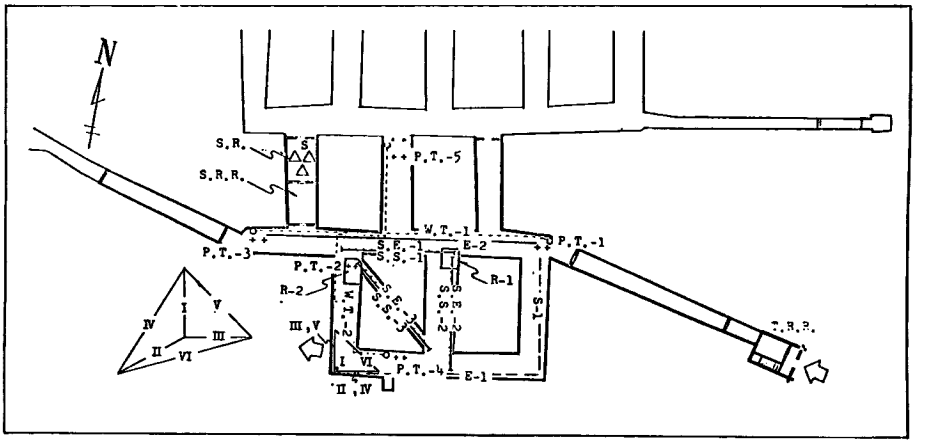

Fig. 1 Arrangement of instruments.
R-1, 2 : Recording rooms
T.R.R. : Tele-metrical recording room

水晶管伸縮計 S.E.-1・2・3（3成分）は坑道掘さく工事後設置され，それぞれ直角二等辺三角形の二等辺および底辺方向を向くよう取付けられており，これらはローラー型拡大装置と水平振子型拡大装置により光学的な写真記録がとられていると同時に水平振子型拡大装置よりの反射光像は，ディジタル記録器光変換器[2]で受け，これを電気量に変換し入口の遠隔記録室でディジタル記録させている。一方，水晶管の自由端部に取付けた極板と岩盤に取付けた極板により形成された可変容量型の電気変換拡大機構により取り出された電気量の変化は一つは伸縮計とし，他の一つは感度を上げてひずみ地震計とし入口の遠隔記録室で別々に記録させている。このようにして同一の水晶管を用い各種の拡大法，記録法による比較観測が行なわれている。

水平振子型傾斜計 P.T.-2 は記録室 R-2 が設けられて以降は，坑道中央部よりこの中に移設され，光学的な写真記録と同時に光変換器によるディジタル記録が取られている。

Table 1 に設置計器の諸常数を示しておく。

3．観 測 結 果

a）伸 縮 変 化

Fig. 2 は1966年6月から1969年11月までの伸縮計による観測結果を示したものである。途中1968年3月から7月までの空白は坑道の掘さくならびに改修工事のための欠測である。まず6成分のスーパー・インヴァール棒伸計（Ⅰ・Ⅱ・……Ⅵ）による観測結果を見ると，1966年10月から約2カ月間は大きく変化しているが，これは計器設置後安定するまでの影響と考えられる。また，1968年6月の観測再開後にも大きな変化が認められるが，これは前の場合と異なり，約2倍の4カ月間も影響が続いている。これについては，坑道の改修工事のため，計器を一時撤去し，坑道を開放しており，再開始に当り計器の設置と坑内温度が安定するまでの温度変化の両方の影響が現われているものと考えられる。特に坑内温度が安定するまでには相当長い期間が必要なことがわかる。従って，これらの観測開始初期の変化を考慮しないことにすれば，当観測所における変化は小さく，特に降雨による影響も小さいことがわかる。また，垂直成分Ⅰの変化を見ると大体10月頃に極大，5月頃極小となるような変化が認められ，周期的な年変化を示している。直交三軸方向を向くⅠ・Ⅱ・Ⅲの各成分の和で示される体積ひずみ変化では更にこの年変化をはっきりと認めることができる。E-1・2 は共に E 4.5°S を向く長い伸縮計であり，前者はスーパー・インヴァール線伸縮計，後者はスーパー・インヴァール棒伸縮計であるが，特に改修工事前においては両者の変化は一致している。

Table 1 List of observing instruments.

Observing instrument	Mark	Azimuth	Span or Period	Sensitivity	Recording
Super-Invar-Bar Extensometer	E–2	E 4.5° S	44.20 m	3.93×10^{-9}/mm	Photographic
Super-Invar-Bar Extensometer (6 components type)	I	Vertical	2.35	7.54×10^{-8}/mm	〃
	II	E 4.5° S Horizontal	6.70	2.67 〃	〃
	III	N 4.5° S Horizontal	6.70	2.74 〃	〃
	IV	E 4.5° S Dip: −16°	7.15	2.45 〃	〃
	V	N 4.5° E Dip: −16°	7.15	2.45 〃	〃
	VI	N 40.5° W Horizontal	9.60	1.99 〃	〃
Super-Invar-Wire Extensometer (Sassa type)	E–1	W 4.5° S	32.55	4.26×10^{-9}/mm	〃
	S–1	S 4.5° W	19.70	4.23 〃	〃
Silica-Tube Extensometer	S.E.–1	E 4.5° S Horizontal	18.30	1.89 〃 1.00～0.83 〃 1.89 〃	Photographic Dotted Digital
	S.E.–2	N 4.5° E Horizontal	18.30	5.15 〃 1.00～0.83 〃 7.29 〃	Photographic Dotted Digital
	S.E.–3	N 40.5° W Horizontal	18.30	3.64 〃 1.00～0.83 〃 4.68 〃	Photographic Dotted Digital
Tiltmeter with horizontal pendulum of Zöllner suspension type	P.T. 1–A P.T. 1–B	N 45° E S 45° E	28.0 sec 〃	1.50×10^{-2}″/mm 1.50 〃	Photographic
	P.T. 2–A	N 45° E	30.0	1.50 〃 2.00 〃	Photographic Digital
	P.T. 2–B	S 45° E	〃	1.50 〃 2.00 〃	Photographic Digital
	P.T. 3–A P.T. 3–B	N 45° E S 45° E	28.9 〃	1.50 〃 1.50 〃	Photographic
	P.T. 4–A P.T. 4–B	N 45° E S 45° E	29.7 〃	1.50 〃 1.50 〃	〃
	P.T. 5–A P.T. 5–B	N 45° E S 45° E	28.3 〃	1.50 〃 1.50 〃	〃
Watertube tiltmeter	W.T.–1	E 4.5° S	45.75 m	0.044″/1/100 mm 0.43×10^{-2}″/ mm	Direct reading Photographic
	W.T.–2	N 4.5° E	34.50	0.058″/1/100 mm 0.58×10^{-2}″/ mm	Direct reading Photographic
Strain Seismographe	S.S.–1	E 4.5° S Horizontal	16.45 m	$1.00\sim0.83\times10^{-10}$/ mm	Pen
	S.S.–2	N 4.5° E Horizontal	〃	1.00～0.83 〃	〃
	S.S.–3	N 40.5° W Horizontal	〃	1.00～0.83 〃	〃

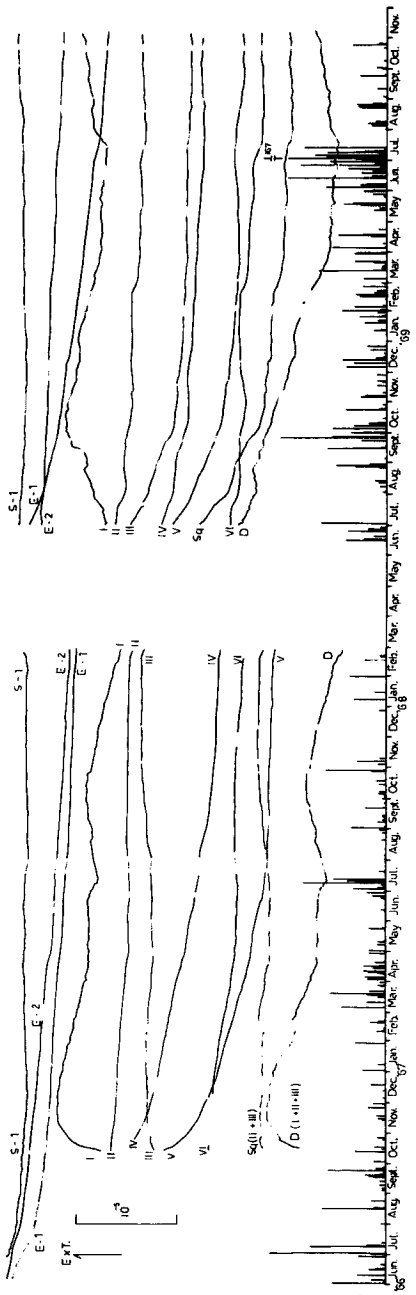

Fig. 2 Variations of ground-strain.

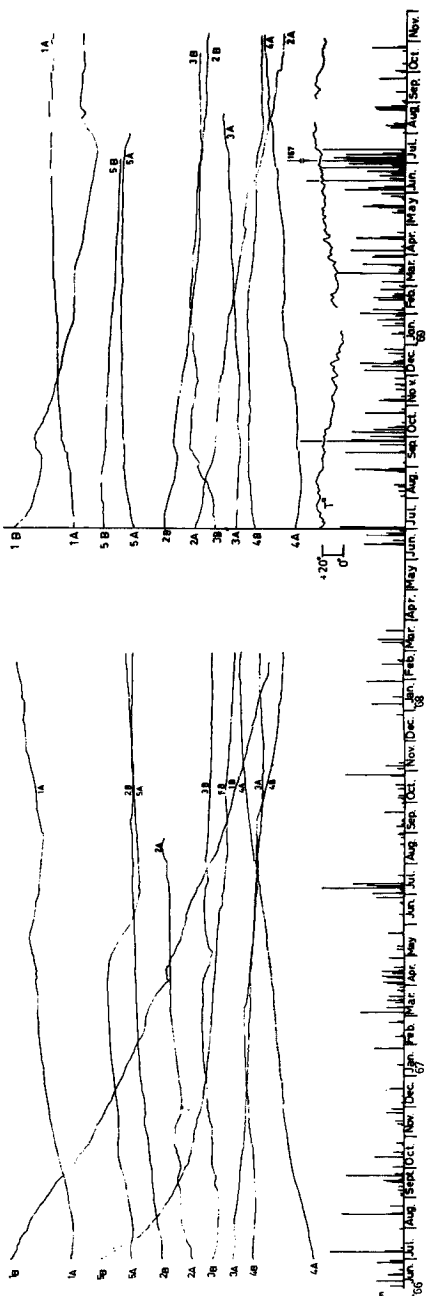

Fig. 3 Variations of ground-tilt observed by horizontal pendulum tiltmeters.

つぎに，改修工事後の観測から，水平面，N 4.5°E・E 4.5°S 方向の垂直断面にある成分を用い，作図によりそれぞれの面内での主ひずみを求めてみた。これらの結果を **Fig. 4** に示す。これは，観測再開日から毎月1日までの間のものを示している。

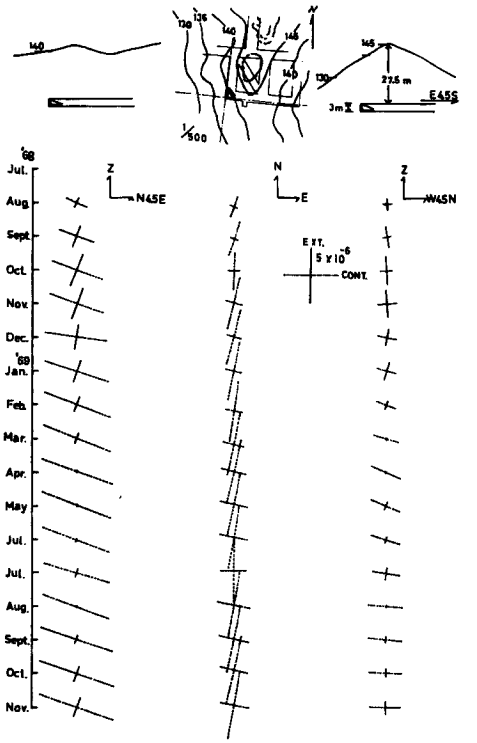

Fig. 4　Principal axis of three sections obtained from ground-strain observed by six components extensometers (I, II,…VI).

水晶管伸縮計の光学記録から得られた変化を **Fig. 5** に示す。比較のために S.E.-1 と同方向を向いているスーパー・インヴァール棒伸縮計 E-2 の変化も記入した。また，T° は入口遠隔記録室内温度であり，雨量は当観測室入口で観測された自記雨量計記録から得たものである。S.E.-3 と S.E.-3 R は同一の水晶管を用いており，ただ拡大方法が前者は水平振子方式，後者はローラー方式を用いたという差がある。これを見ると，観測初期の設置影響を除くと当然のことではあるが両者は同じような変化を示している。しかし，同一坑道内に，同方向に並置してある水晶管伸縮計 S.E.-1 とスーパー・インヴァール棒伸縮計 E-2 とは逆の変化をしている。これについては計器の材質・型式等の差，測定区間の長短の差，その他色々の原因が考えられるが，これらについては今後更に検討を要するものと考えられる。前述したように当観測室は降雨による影響は小さいが，やはりある程度の影響は現われており，特に連続降雨の影響が生じ1969年の梅雨期の影響と考えられるものが，約2週間位遅れて現れているのがよくわかる。

b) 傾 斜 変 化

水平振子型傾斜計による観測結果は前掲 **Fig. 3** に示したが，図中 2A・B に関しては1966年～1968年 June～1968年 Feb. のものと改修工事後の1968年 July 以降のものとでは設置場所が約 8 m 移動している。これらの各成分の変化をもとにベクトル図を画いたものを **Fig. 6** に示す。これを見ると P.T.-1 と 5

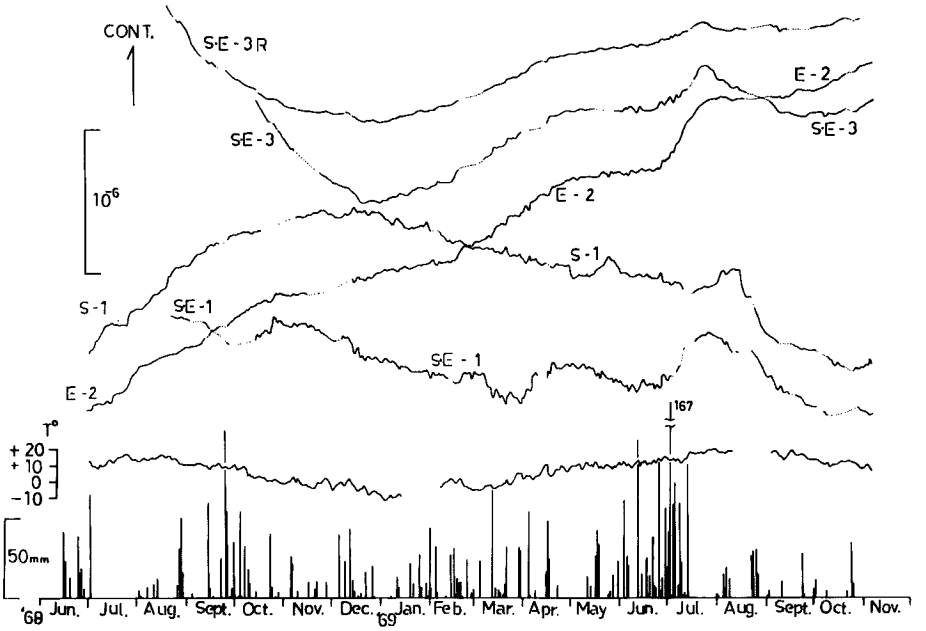

Fig. 5 Variations of ground-strain.

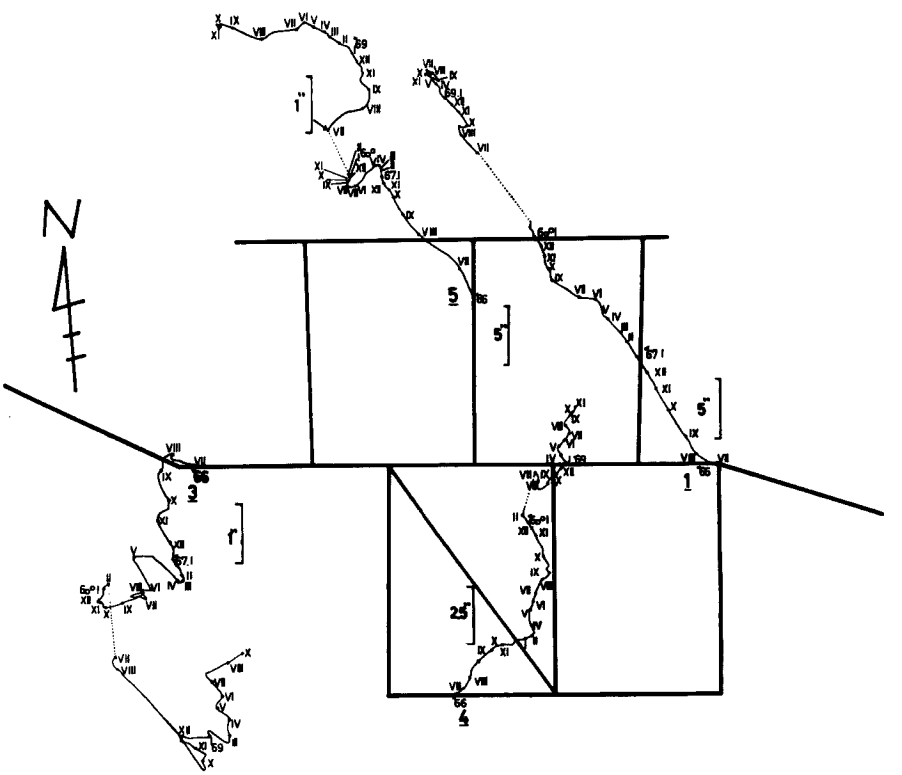

Fig. 6 Tilting motion of ground.

は大体北西に傾斜しており，P.T.-4 は北々東に変化している。しかし P.T.-3 は初期においては逆に南々西方向に変化していたが1968年の暮頃から P.T.-4 と同じように北々東に傾斜している。これら各計器のベクトル図はそれぞれ縮尺を異にしているため，P.T.-3·5 の変化は他のものに比べて非常に小さい。

以上観測結果を示したが，途中坑道の改修工事などで内部が相当変化しており，前期間の記録と改修工事後の記録とではある程度の差があるものと考えられる。従って1968年7月より本格的な観測を始めてから日も浅く，今後観測資料の蓄積を待って気圧・温度・降雨等気象変化に伴う変動，水平振子型傾斜計と水管傾斜計との比較，色々の型の伸縮計による比較などに検討を加えると共に，ジオジメーターによる光波測量をも合わせ，観測所を中心とする地殻の変動を綜合的に研究したいと考えている。

最後に当観測計器の多くを製作していただいた小林年夫技官に，観測や記録整理を手伝っていただいた山田勝・藤田良安両技官に厚く御礼申し上げます。また，御協力・御助言をいただいた地震予知計測部門の方々に感謝の意を表します。

参　考　文　献

1）高田理夫・小林年夫・山田　勝：屯鶴峯観測所における地殻変動観測（序報），京都大学防災研年報，第10号，pp. 141～147.

2）高田理夫・古沢　保・尾上謙介：光電変換装置による地殻変動ディジタル観測，京都大学防災研年報，第12号，1969，pp. 119～122.