

鯖江地殻変動観測室観測序報

岸 本 兆 方・田 中 豊
尾 池 和 夫・義 江 修 二

PRELIMINARY REPORT ON THE SABAE CRUSTAL MOVEMENT OBSERVATORY

By *Yoshimichi KISHIMOTO, Yutaka TANAKA, Kazuo OIKE*
and *Shuji YOSHIE*

Synopsis

Brief report is given about the SABAE Crustal Movement Observatory which was established in Fukui Pref. in 1969. The main purpose of establishment of this observatory consists of three points; 1) Promotion of researches on the crustal movement in Hokuriku area, 2) Development of instruments and observation methods for researches of the crustal movement, and 3) Synthetic observation for seismic activity and crustal movement.

Preliminary descriptions are made on the installed instruments, and also some future projects.

1. 序

鯖江地殻変動観測室は、京都大学防災研究所付属上宝地殻変動観測所の衛星観測室の一つとして、昭和43年度に設置されたものである。同観測室は福井県鯖江市東部の小丘山麓にあり、戦時中陸軍によって地下工場として掘られた、格子状の坑道を利用している。同観測室の位置・地質その他に関する資料は Table 1 に示す通りであるが、同坑道の大きさや形状、利用状態についての詳細は後節に述べる。

この観測室設置の目的は主として3つの点にある。

その1つは、北陸地方における地殻変動観測の増強の必要性である。よく知られているように、日本列島弧は、糸魚川—静岡構造線によって東北日本・西南日本に分けられ、西南日本は、更に中央構造線によって内帯・外帯に区分される。従って北陸地域は西南日本内帯の東北端に位置することになる。東北日本から伊豆—マリアナ弧にかけては、1つの活発な活動帯であり、琉球弧もまた1つの活動帯といわれている。西南日本はこの2つの間に挟まれ、その geotectonical な特異性については最近種々の研究がなされている¹⁾。特に近畿地方北半部については、藤田らによって、この地域における新生代テクトニクスについて興味ある研究が進められている²⁾。例えば、Fig. 1 に示すものは、藤田らによって近畿三角帯 (Kinki Triangle) と呼ばれる近畿地方北半部の断層系を示すものであるが、それらの構造要素は、新生代の活動が典型的に現われているものとされている³⁾。鯖江は、この三角帯の頂点に位置するものであって、この意味においても、北陸地域は構造学的重要性を有しているといえよう。

一方、このような geotectonical な観点に呼応して、この地域は地震発生および地殻変動の面からも、その重要性・特異性を際立たせている。伊豆—マリアナから北上した深発・稍深発地震帯が、北陸地域を通過して日本列島を横断しており、又特に、浅発大地震も、北陸および隣接地域に多数発生することは今更いうまでもない。そしてこれら浅発大地震の発生は、有名な濃尾大地震 (1891年, $M=8.4$) と根尾谷断層の例におけるように、この地域の断層系と深く関連しているものと思われる。例えば、根尾谷断層は北西方に延び

Table 1 Sabae Crustal Movement Observatory.

Sabae Crustal Movement Observatory, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University	
Locality	Shin-machi, Sabae City, Fukui Pref. 136°12'42"E 35°56'13"N
Height above sea level	20~25 m
Depth below the surface	20~50 m
Geology	Rhyolite-andesite
Geomagnetic declination	W6°45'
Room temperature	12~13°C
Beginning date of observation	May, 1969

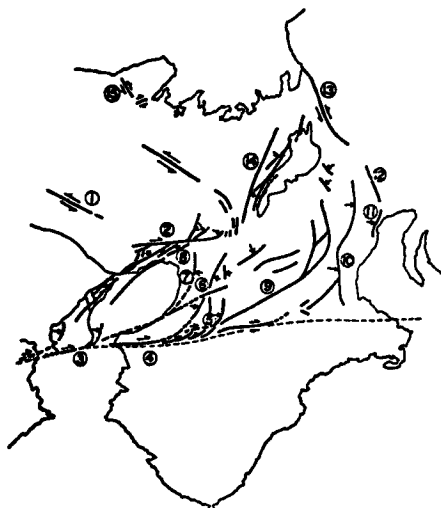


Fig. 1 Fault system in Northern part of Kinki District (after K. Huzita)

て、その延長は、恐らく1948年の福井地震の際、現地において見出された地震断層に一致すると考えられている。又、根尾谷断層に平行して、柳ヶ瀬断層等が琵琶湖東北岸沿いに走っているが、1900年の鯖江地震 ($M=6.6$)、1909年の姉川流域地震 ($M=6.9$) など、恐らくはこれら断層系の運動と関連するものであろう。大地震だけでなく、1963~64年の2回にわたり、この地域で行なわれた極微小地震の合同観測によっても、この地域の微小・極微小地震の分布は断層と関係していることが見出されている⁴⁾。更に視野を拓げれば、若狭湾内には、大聖寺地震 (1952年 $M=6.8$)、越前岬沖地震 (1963年 $M=6.9$)、東方美濃地域には、北美濃地震 (1961年 $M=7.0$)、今回の奥美濃地震 (1969年 $M=6.6$) などが発生した。著者の1人は、北陸・美濃・飛騨地域における地震活動と、尾小屋 (石川県)、神岡 (岐阜県) 両観測室における地殻変動の連続観測結果とを比較して、地震発生系列と地殻変動との間の相関、およびその時期的変化を見出している⁵⁾。

このように北陸地方は、地震・地殻変動・地質などの諸方面から見て極めて興味ある地域であるが、現在この地方の地殻変動観測室は石川県尾小屋鉾山の観測室があるのみであって、特に福井地域に1点の増設が強く望まれてきたのであった。鯖江観測室の設置によって、この地域の地殻変動観測網は Fig. 2 に示す如

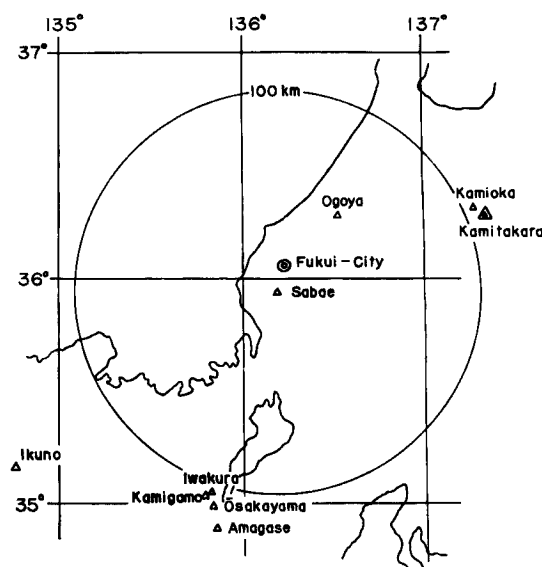


Fig. 2 Distribution of observation station of crustal movement in Hokuriku and neighbouring area.

く、かなり整備されたものとなる。

目的の第2として、この観測室は、常時観測のみならず、種々の試験観測や、観測計器・観測方法の開発・研究を行なうことに主眼がおかれていることを挙げねばならぬ。近来、特に地殻変動の研究に対しては、観測計器・観測方法の開発・研究が非常に重要なものとしてクローズ・アップされ、地震予知研究計画にも第2次5カ年計画の重要な項目としてとり上げられている。著者らも夙にこの点の重要性を認め種々の研究を行ってきたのであるが³⁾、更にこの種の研究を発展させるため、適当な観測・実験の場を求めてきた。前述のように、北陸地域は学問的に種々の面で興味ある所である上に、観測室として使用する坑道が、後述のように、この目的のためには大変好適であるので、両者相俟って、試験観測や開発研究は大いに促進されと考えている。

第3の目的としては、最初に述べた所に含まれるものではあるが、特に地震と地殻変動との総合観測・研究を行なうことである。この両者を総合的に観測・研究しようとする機運は最近特に強くなりつつあるが、我々も、微小・極微小地震まで含めた地震活動と、連続観測や測地的方法を併用した地殻変動の研究を総合的に行ないたいと考えている。これには更に、地磁気などの諸分野を考慮することも当然必要になるであろう。いずれにしても、地震活動の本性を明らかにするためには、このような総合観測が肝要であるが、北陸地域は、モデル地域として最適の場所の1つといってよいであろう。

以上述べたような目的をもって、昭和43年10月、鯖江観測室の工事が開始され、44年3月工事完了、続いて5月器械の設置開始、11月一応の設置が完了した。勿論、今後種々新しい観測・研究が同地でなされる予定であるが、基礎的な計器の設置は一部を除いて終ったので、以下簡単にその状況について述べておこうと思う。現在設置されている計器の種類・性能を Table 2 にまとめて示す。

2. 観 測 序 報

Fig. 3 に示すように、観測室は鯖江の中心部から東方約 2 km にあり、三里山と呼ばれる孤立丘の北西端山麓にある (図中▲印にて示す)。

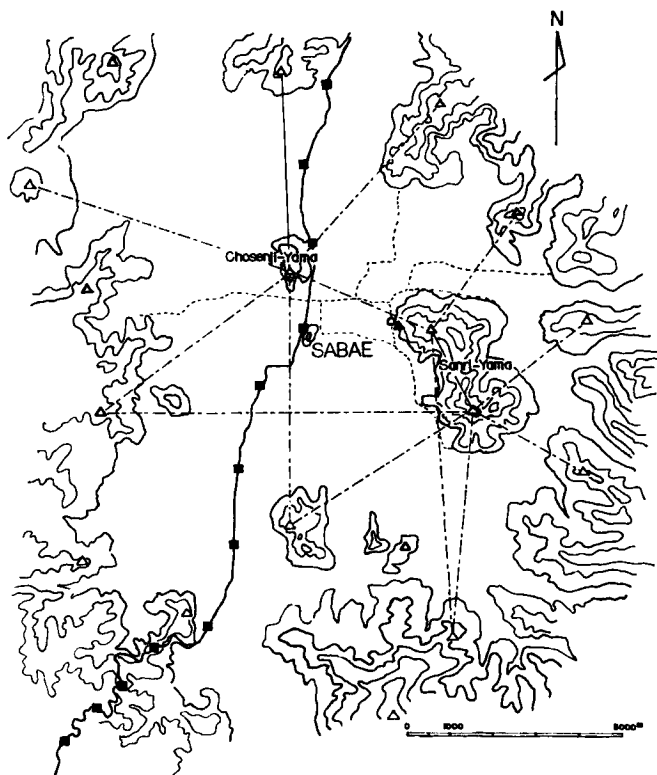


Fig. 3 Sabae Observatory and its networks for triangulation (chain line), levelling (dotted line and full line) and geodimeter (chain line).

Fig. 4 に示すように、坑道は東乃至北東に向って掘られた6本の坑道からなり、それらはほぼ南北方向の坑道によって格子状に連絡されている。前にも述べたように、このような坑道の形状は、種々の観測を行なうに当って極めて都合のよいものである。東西方向の坑道は最長約 70 m、坑道の幅および高さの最大は、約 5 m および 4 m である。Fig. 4 に見られるように、坑内にはほぼ南北方向の断層が走り、坑道をほぼ東西両部分に分けている。図中における計器の記号については、本文および Table 2 を参照されたい。

(i) 地殻変動常時観測

観測室内北東最奥部に、Bow-string 式拡大装置をつけた測線 8 m の super-invar 棒伸縮計を東一西、南一北、北西一南東の3方向に設置した (Fig. 4; E_E , E_N , E_{NW})。前述の坑内の断層が活断層であるかどうかは別として、断層の東西両盤における歪量の違い、最大歪方向の違い、またはその変化様式の違いなど、断層の存在による影響を調べるため、近い将来断層の西側にも同型3成分の伸縮計を設置する計画である。

伸縮計設置場所附近では、同時に2成分の水平振り型傾斜計による傾斜変化の観測を行なっている (T_E , T_N)。現在までの結果によれば、全般に観測室は安定していて、観測された諸変化量は極めて小さく、坑道の一方的変形や計器の drift 等の永年変化は、伸縮計にはほとんど認められない。傾斜計については、設置直後の大きな変化は約 1 カ月で収まったが、南北成分 (T_N) には、なおコンクリート台の設置後安定化のためと考えられる変化が週 0.2" 程度認められる。年周変化は、観測開始以来半年の現段階では判定できない。常時観測を行なっている地点は、地表面下約 40 m であるから多少の降雨影響はあるものと予想されたが、

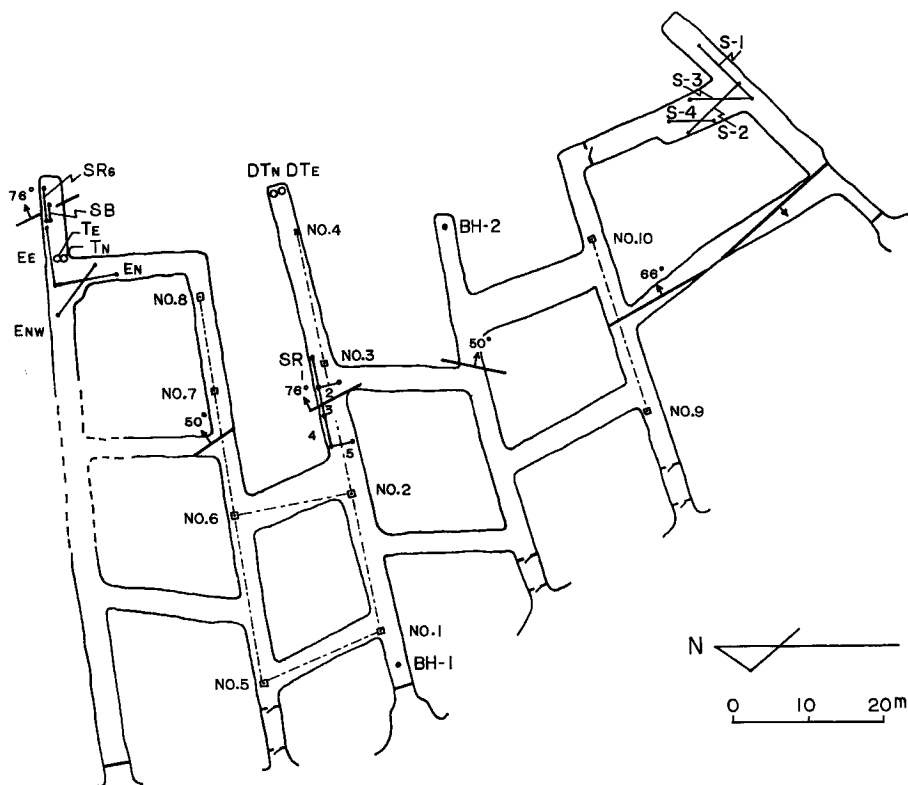


Fig. 4 Plane figure of observation room, in which the abbreviation of instruments is referred to Table 2.

降雨の変形への影響は予想以上に少なく、特に浅い観測室に見られるような急激な変形は初期に1, 2回見られたが、これはむしろ多雨期における坑内への漏水による床の膨脹と考えられ、防水設備を施して以後現われなくなった。現在降雨による緩慢な影響だけが現われるが、これは同様の地盤条件を持つ伊豆長岡観測室の場合と似ていて、凝灰岩質の地層にある観測室に特徴的なものと考えられる。北西—南東成分の伸縮計は、特にこの緩慢な異常変化を示すことが多いが、設置場所の地下水の状況を検討してみる必要がある。

傾斜計の感度は、南北成分が週0.1"程度の変化に安定化すれば更に高める予定であるが、現在でも、傾斜計・伸縮計各成分とも地球潮汐は明瞭に観測されている。

Photo. 1 に、水平振り型傾斜計2成分 (T_E , T_N) および伸縮計2成分 (E_E , E_N) の設置状態を示す。

(ii) 断層附近の歪分布とその変化の連続観測

第1節で述べたように、鯖江附近は、根尾谷、柳ヶ瀬の両断層系に挟まれた地域で、三角測量およびその解析結果からもずれ歪がかなり大きいことが予想される。又坑内にも、ほぼ南北 ($N 20^\circ W - S 20^\circ E$) の走向を持つ断層が存在することは前述の通りである。断層が現在もお活動しているかどうか、将来活動する可能性があるかどうか、あるいはこの断層の影響による東西両盤における諸変動量—例えば最大歪の方向など—の違いの有無などを調査することは、点としての地殻変動連続観測結果と、面としての広域地殻変動を結びつけ、あるいは断層運動と地盤変動とを結びつける上で重要な問題である。しかし現在まで連続観測でこのような問題を取扱った例は少ない。(44年度内に、六甲大月断層を対象として新期断層運動の観測が開始される(岸本・藤田・田中他))。

Table 2 Names and constants of the instruments installed at Sabae Observatory.

Instrument	Sign	Direction	Plus on Record	Length (cm)	Sensitivity (/mm)	Period (sec)	Optical Length (cm)	Start
Extensometer (Super-invar bar, Bowstring type)	E _N	N17°W-S17°E	Ext.	800	5.72×10^{-9}	—	264	1969 May
	E _E	N73°E-S73W	Ext.	800	5.0×10^{-9}	—	313	"
	E _{NW}	N62°W-S62°E	Ext.	800	4.16×10^{-9}	—	198	"
Shearmeter (Super-invar bar, Bowstring type)	SBA	E-W	Ext.	183	10×10^{-9}	—	246	1969 May
	SBH	N-S	Left.		10×10^{-9}	—	230	"
Shearmeter (Stainless pipe Roller type)	No. 1	SRE ₁	N71°E-S71°W	Ext.	400	17×10^{-9}	180	1969 July
		SRH ₁	N19°W-S19°E	Left.		17×10^{-9}	180	"
		SRV ₁	N71°E-S71°W	E-down		17×10^{-9}	180	"
	No. 2	SRE ₂	N19°E-S19°W	Ext.	330	21×10^{-9}	180	1969 July
		SRH ₂	N71°E-S71°W	Left.		21×10^{-9}	180	"
		SRV ₂	N19°E-S19°W	S-down		21×10^{-9}	180	"
	No. 3	SRE ₃	N71°E-S71°W	Ext.	400	18×10^{-9}	177	1969 July
		SRH ₃	N19°W-S19°E	Left.		18×10^{-9}	177	"
		SRV ₃	N71°E-S71°W	E-down		18×10^{-9}	177	"
	No. 4	SRE ₄	N71°E-S71°W	Ext.	400	16×10^{-9}	191	1969 July
		SRH ₄	N19°W-S19°E	Left.		16×10^{-9}	191	"
		SRV ₄	N71°E-S71°W	E-down		16×10^{-9}	191	"
	No. 5	SRE ₅	N19°E-S19°W	Ext.	340	18×10^{-9}	201	1969 July
		SRH ₅	N71°E-S71°W	Left.		18×10^{-9}	201	"
		SRV ₅	N19°E-S19°W	N-down		18×10^{-9}	201	"
	No. 6	SRE ₆	E-W	Ext.	400	15×10^{-9}	207	1969 July
		SRH ₆	N-S	Left.		15×10^{-9}	207	"
		SRV ₆	E-W	E-down		15×10^{-9}	207	"
Tiltmeter (Super-invar Horizontal pendulum type)	T _N	N-S	N-down	—	0.028"	20	196	1969 July
		E-W	W-down	—		20	197	"
Tiltmeter (Super-invar Double horizontal pendulum type)	DT _N	N10°W-S10°E	N10°W-down	—	0.001"	1.5}30 8.0}	201	1969 July
	DT _E	N80°E-S80°W	N80°E-down	—	0.001"	1.5}30 8.0}	202 203	1969 July
Tiltmeter (Water tube)	WT _E	N80°E-S80°W		2400		—	—	in planning
Water tube tiltmeter with multiple measuring points		22 Comp. (8 pots)		1200~ 600	0.016"~ 0.003" per 1/10 div		—	in planning
Strain Seismograph	S-1	N45°E-S45°W	Cont.	1000	1.0×10^{-10}	—	—	1969 Nov.
	S-2	N45°W-S45°E	Cont.	880	1.0×10^{-10}	—	—	"
	S-3	N-S	Cont.	800	1.0×10^{-10}	—	—	"
	S-4	N-S	Cont.	640	1.0×10^{-10}	—	—	"



Photo. 1 Extensometers and tiltmeters.

観測室内の断層は、小規模ではあるが鮮明で且比較的新しく、又両盤は均質な凝灰岩であってこの種の観測には好適と考えられるので、附近の歪分布を調べることにした。ずれ歪計1台を断層をまたいで設置し (Fig. 4; SR_3)、その東西両延長上に各1成分を設置した (SR_1 , SR_4)。隣接のずれ歪計の基準尺となるパイプや基礎コンクリート台は共有である。これに対して断層に平行な、すなわち前3者に直角なずれ歪計を1台ずつ断層の両側に設置した (SR_2 , SR_5)。これは断層に直角なずれ歪計の1つと基礎台を共通にしている。各基礎台間5カ所において、伸縮、横ずれおよび鉛直ずれを測定することができる。3成分を並べたのは、断層をまたいだものに断層の影響であると判断できるような有意の異常があるかどうかを判定するためであり、これと直角に設置したものと合わせて、直角方向の2つの伸縮成分と2つのずれ歪の成分から最大歪方向を計算することができる。

断層の動きを測定する目的のための計器は、同形式のものを多数設置して場所による比較を行なうこと、ドリフトの少ないこと、イメージのとびのないこと、感度の測定が正確であることなどが必要である。このため、さし当って拡大装置には直径 0.5 mm のローラーを使用しているが、計器はなお開発中であり、詳細については今後完成次第報告されるであろう。記録例 (Photo. 2) に見られるように、伸縮の成分では振幅 10^{-7} 程度の日変化が現われているが、これはステンレス・パイプを使用しているためで、観測室内の温度に $1/100^{\circ}\text{C}$ の変化があれば当然現われる量である。材質を Super-invar にすれば直ちに解消される問題であって何ら支障はない。

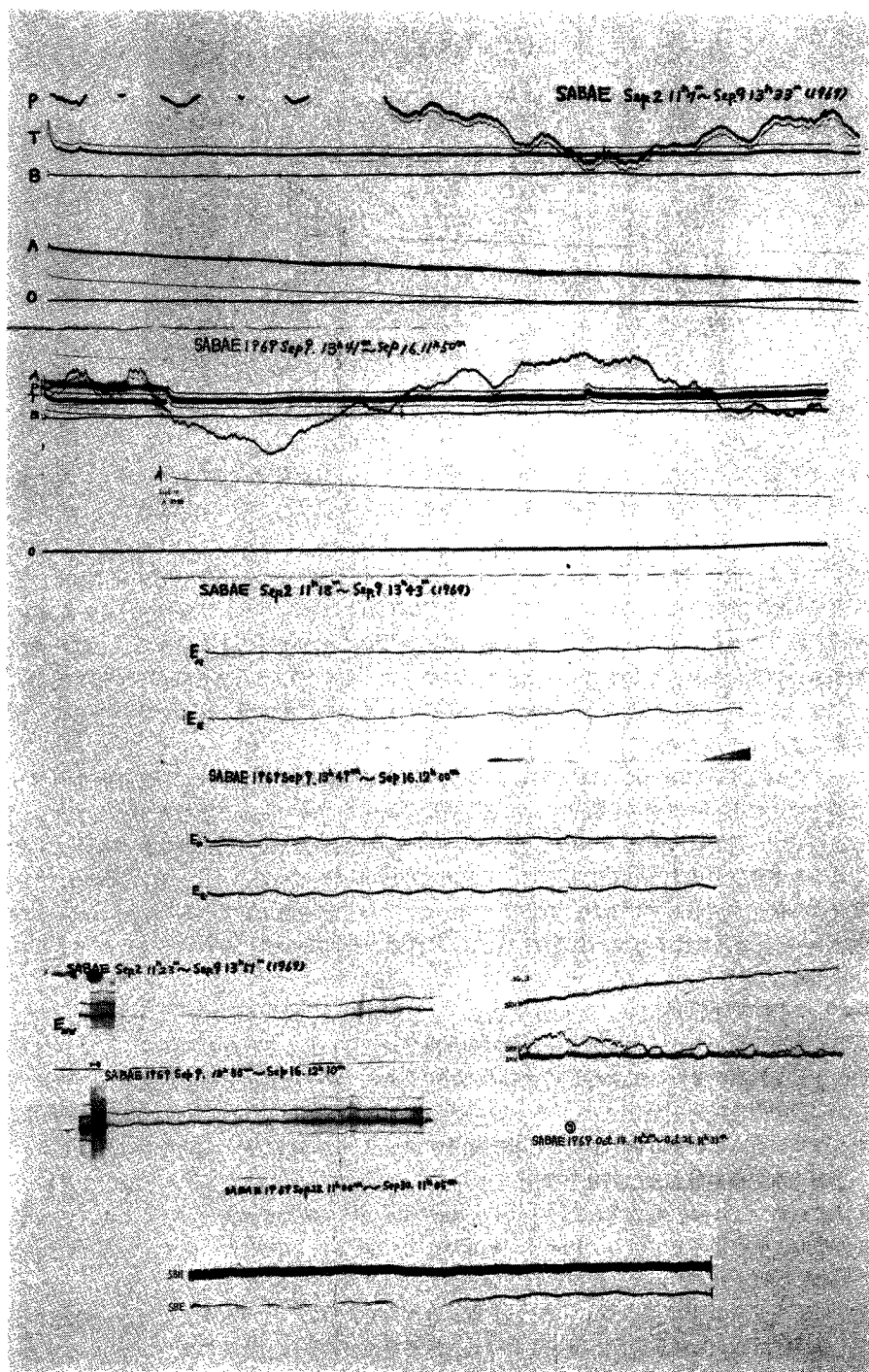
Photo. 3 にずれ歪計を示す。

一方常時観測室の奥にも、この断層と平行な別の断層が走っている。場所が狭いので、ここには前記と同じずれ歪計1台を断層をまたいで設置し、計器の比較のために Bow-string 式拡大装置をつけたずれ歪計を併設した。この測線長はわずか 1.8 m であるが、伸縮成分には明瞭に、またずれ歪計にもかすかに地球潮汐が観測されている。ずれ歪計はいずれも、棒を途中でローラーや吊線で支えるようなことはしていない。

(iii) 多測点水管傾斜計および測量基準台

断層にはほぼ直角で互に平行な2本の測線上に、それぞれ4つの基準台をつくり、またこれと直角な測線もとれるように台の配置を考えてある (Fig. 4; ●印 No. 1~No. 8)。各測線について、2つはそれぞれ断層の東盤、他の2つはそれぞれ西盤に配置されている。

各基準台に同一直径の Pot を設置し、8つの Pot は水管で1つにつながれる。それ故、例えば東西方向には1点での連続記録から傾斜方向と量を定めることは不可能であるが、任意の2つの Pot の差をとることによって、多方向に計28の傾斜成分の変化を求めることができる (同方向のものも含む)。その変化量の分布を見て、断層や地盤構造の影響、あるいは短波長の変化を捉えようとするものである。いわば今までの



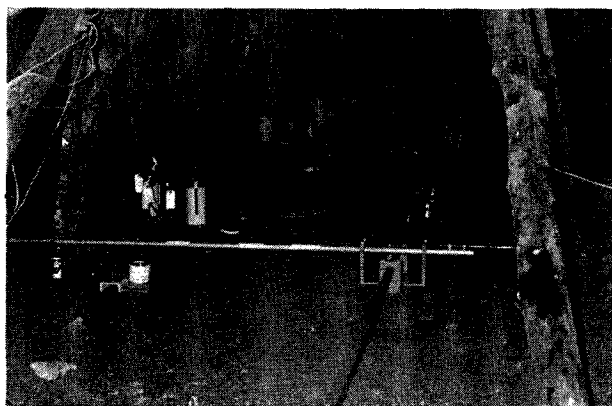


Photo. 3 Shearmeter.

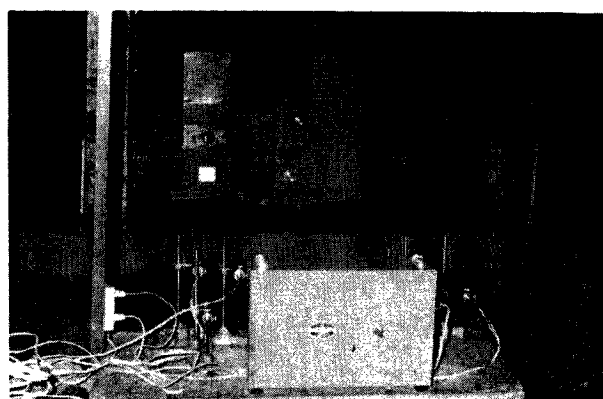


Photo. 4 Double-pendulum type tiltmeter.

水管傾斜計が2点間1方向の上下変位差または傾斜を求め、それを2成分合成して、変形しない1つの面としての傾斜を考えていたのに対し、面の変形として捉えようとするわけである。

同時にこの台に測量器械を設置して、変化の 10^{-5} 、できれば 10^{-6} 程度の上下、横ずれ、角の変化の測量を行ない、近い将来レーザーを使用することも考えている。

(iv) 微傾動の観測

2重振り型傾斜計は高感度であるが、地震時のとびが少なく安定しているから、微傾動の観測に適している。そのため、記録装置を早廻しにして、周期5分以上、変化量 $0.001''$ 程度の地震直前の異常傾動と、大地震直後の地球の自由振動を観測することを目的として、2成分を設置してある (Fig. 4; DT_N , DT_E)、(Photo. 4)。

(v) 地域測量

観測室の入口から北西約 100 m に、鯖江市によって行なわれた水道工事の際の水準測量用標石がある (Fig. 3; ○印)。坑内の測量基準台の No. 1 あるいは No. 5 (Fig. 4) とこれとを結び、さらに市の測量路線を水準路線に活用して、一部は三里山を半周し、他方路線を少し延長して北、東、西の山麓の固い地盤と結び (Fig. 3; 点線)、一方北陸 1 等水準路線 (Fig. 3; 実線) とは鯖江市内で連結させる予定である。

また三里山には、2つの3等三角点があるので、これを基線とし、同程度の標高の三角点を四方に選んで

三角測量を実施する。同時に長泉寺山 (Fig. 3) とその北方の経ヶ嶽を基線とし、既存の三角点を結んで三角測量と光波測量を行ない、鯖江観測室を中心とした約 10 km 四方の地域の歪の変化を求め、水準測量と同様に観測室内の連続観測と広域の地殻変動とを結びつける計画である。

(vi) 超長周期地震波動の観測

地殻変動の連続観測を目的として設置されている傾斜計・伸縮計によって観測されうる変動は、それらの記録方式から、主として周期約 1 時間以上の変動に限定される。特に地震発生直前・直後の短時間の変動や、地震波動中に含まれる超長周期の地動を精密に観測するためには、その目的に応じた観測方式を採用する必要がある。そのため、ひずみ地震計 4 成分による観測を 11 月から開始した。既に上宝地殻変動観測所において、同種のひずみ地震計 3 成分による観測が行なわれている⁷⁾。上宝は鯖江の東方約 100 km の地点にあり、これら 2 点での超長周期地震波動の観測記録を比較することによって、地殻上層部の構造の影響等を調査し、震源における運動の時間函数を求めることを 1 つの目的としている。

ひずみ地震計の構成は、Fig. 5 のブロック・ダイアグラムに示されている。Transducer は耐水型の差動トランスを使用し、その出力を増幅して位相検波した後、band-pass filter を通して、数分～1 時間周期の変動を記録させている。ひずみ変化に対する感度は、記録紙上で $1 \times 10^{-10}/\text{mm}$ である。同時に、low-pass filter を通した出力を伸縮計として記録させている。感度の測定は、基準尺の固定端にニッケル棒を接続し (長さ 10 cm, 直径 2.5 cm), それに巻いたコイルに直流電流を流して、約 0.1μ の変位を発生させて記録する方法によっている。

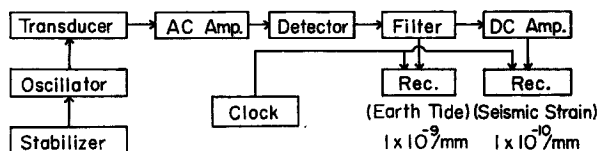


Fig. 5 Block diagram of strain seismograph.

ひずみ地震計の設置位置は、Fig. 4において S-1～4 で示されている。S-1 (L=10.0 m, N 45°E—S 45°W), S-2 (L=8.8 m, N 45°W—S 45°E), S-3 (L=8.0 m, N—S) の 3 成分を常時観測のために使用し、S-4 (L=6.4 m, N—S) は、計器の検定、改良のための実験などの目的に使用する。また特に、地震時の strain step の観測を目的とする場合は、同方向の成分である S-3, S-4 の比較によって、記録の精度を検定することにも役立つであろう。

(vii) 地 中 観 測

観測方法の開発に関する課題として、深坑 (ボーリング坑) 中での地殻変動観測は、現在いくつかの研究グループによって研究されているとはいえ、いまだに大きな問題として残されている。現在までの地殻変動観測は、いうまでもなく、山麓あるいは山腹に水平に掘られた坑道内で行なわれているものであって、観測される変動量にはいくつかの問題が含まれている。すなわち、坑道の掘さく自体が歪や応力場に及ぼす影響、山の変形の影響などが当然に含まれており、他の例えば気象要素の影響などとともに、地下の (地震発生に関係した) 真の変動の抽出を極めて困難なものとしている。このような難点を除くために考えられる最も良い方法は、周囲の応力場・ひずみ場を損ねぬ程度に細い、且できうれば平坦な場所に掘られた深坑中で観測することであろう。これは技術的にも経済的にも大きな困難さを有するため、未だ本格的な研究はなされていないが、我々はこの問題に真剣に取り組むべき段階に立到っていると考えられるものである。

鯖江観測室においては、この問題の研究のために、先ず観測計器の開発を主目的として、直径 10 cm, 深さ 10 m の実験観測用ボーリング坑 2 本を掘さくした (Fig. 4; BH 1, BH 2)。勿論 10 m の深さは決して十分なものではなく、ここで開発された計器によって、より本格的な深坑中で観測を行なうことを予想して

いる。坑奥に掘られた BH 2 においては、特に坑道床面上での観測と、床面下のボーリング坑中での観測の比較や群列観測なども考えている。又 BH 1 は坑口に掘られていて山と平地との境目にあり、将来平坦地に掘られた深坑中での観測の可能性についても考察を行なう。尚これら両ボーリング坑を使用して、垂直方向のひずみ観測や地中地震計による観測は現在でも十分可能であり、これらは随時行なってゆく予定である。

3. 謝 辞

当観測室設置に当っては、福井大学教育学部地学教室塚野善蔵教授に、最初の段階から一方ならぬご援助を賜ったことを記し、心から御礼申上げたい。また観測室設置の目的をご理解下さり、いろいろとご配慮頂いた地元鯖江市役所および地主の方々、設置について種々ご苦勞をお願いした大学事務局および地かく変動部門の各位に厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 例えば、藤田和夫：六甲変動，その発生前後—西南日本の交差構造と第四紀地殻運動—，第四紀研究，第7巻，第4号，昭43，pp. 248～260
- 2) Huzita, K.: Tectonic Development of the Median Zone (Setouti) of Southwest Japan, since Miocene, Jour. Geosciences, Osaka City Univ., 2, 1962, pp. 103～144.
Ikebe, N. and K. Huzita: The Rokko movements, the Pliocene-Pleistocene Crustal Movements in Japan, Quaternaria, 8, 1966, pp. 277～287.
- 3) 前出1)，
- 4) 渡辺 晃・中村正夫：根尾谷近傍に発生する微小地震の2，3の性質，地震，第2輯，第20巻，第2号，昭42，pp. 106～115.
- 5) 田中 豊：地震に伴う地殻異常変動の諸段階について，京都大学防災研究所年報，第8号，昭40，3，pp. 91～108.
- 6) 岸本兆方・尾池和夫・津嶋吉男：可変容量型ひずみ地震計について，京都大学防災研究所年報，第11号 A，昭43，3，pp. 67～73.
尾池和夫・小泉 誠・平野憲雄・松尾成光：可変容量型傾斜計の試作，京都大学防災研究所年報，第11号 A，昭43，3，pp. 53～58.
田中 豊：多重反射方式による地殻変動の連続観測（序報），京都大学防災研究所年報，第11号 A，昭43，3，pp. 35～52.
- 7) 尾池和夫・小泉 誠・平野憲雄：可変容量型ひずみ地震計および傾斜計による連続観測，京都大学防災研究所年報，第12号 A，昭44，3，pp. 145～154.