

山崎断層破砕帯における自然電位変化の諸問題

宮 腰 潤 一 郎

ON SOME PROBLEMS OF THE VARIATION OF SELF-POTENTIALS OBSERVED IN AN ACTIVE FAULT, THE YAMASAKI FAULT

By Jun'ichiro MIYAKOSHI

Synopsis

Self-potential (s.p.) distribution in and around the underground observation tunnel situated in the fractured zone of the Yamasaki active fault was surveyed in order to investigate the mechanism of the anomalous change of the s.p. observed preceding the remarkable earthquake ($M=5.6$) occurred near-by on May 30, 1984.

It was elucidated from the results of the survey and the observation that the decrease of the electric potential of the fractured zone—decrease of the electric potential of the surface of the fractured rock contacted with the concrete wall—will probably be the cause of the anomalous change of the s.p..

The result of the observation of the s.p. during the year of 1984 is also summarized briefly.

1. は じ め に

1984年5月30日、兵庫県南西部、山崎断層内の深さ約 20 km を震源とする $M=5.6$ の地震が発生し周辺地域に軽微ながら被害を生じた。

ところで、この地震の発生に先行あるいは随伴して各種の電気・磁気的異常変化が震源のほぼ直上、断層破砕帯中に位置する春の地殻変動観測室において観測されたことが住友¹⁾によって報告された。筆者もまた、破砕帯にはば一致して延びている中国自動車道下の観測トンネル内に埋設した電極間の電位に地震発生に先行すること約55時間或いは約40日、最大変化約 40 mV の極めて明瞭な変化が現れたことを報告した²⁾。この変化は——(1)電極埋設場所が地下トンネル内にあり気温変化等の影響を受けることが少ないこと、(2)電極は長年月埋設した炭素電極で充分安定であること、特にこの地震発生前には降雨もなかったこと、(3)この時期は地球外部磁場が静穏でありかつ電極間隔が極めて短くまた低感度で記録しているため外部磁場擾乱、電車等人工電流の影響を全く考慮する必要がないことなどから、地震の前駆現象であると判断して発表した。しかしながら以下の様な重大な疑問点が未解決のまま残されていた。即ち、(1)トンネル内に設置した3本の電極間、 $C_1 \sim C_2$ 、 $C_1 \sim P_2$ が何れも異常に大きく 1000 mV 近くにも達していること、(2)得られた変化記録から判断して前駆現象と考えられる変化は、隣接した3本の電極の中の C_2 電極のみの電位が変化しただけと判断されること、そして(3)この様な電位変化を作り出した震源における機構はどのようなものであるのか明らかでないこと、である。このうち(3)については今なお解決に至っていないが、上記の(1)、(2)に関してその後の調査結果と、その後の観測の状況について報告する。

2. 自然電位分布測定

野外の地電流観測のための電極配置、観測室及び観測トンネルの配置図を Fig. 1 に示す。Fig. 2 は観測ト

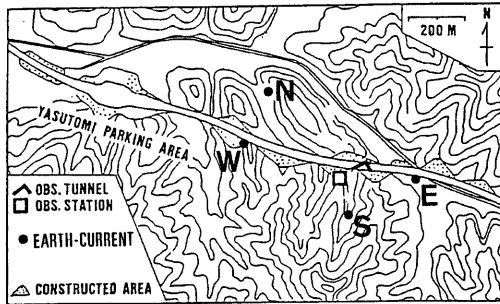


Fig. 1 Locations of the underground observation tunnel, the observation station and the electrodes for the earth-current observation

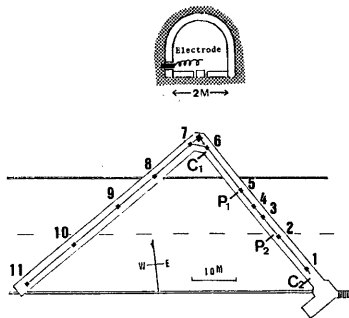


Fig. 2 Cross-section and ground plan of the tunnel. Numbers in the figure denote measuring points of the self-potential distribution. C_1 , P_2 and C_2 are the electrodes used for the observation of the time variation of the self-potential differences.

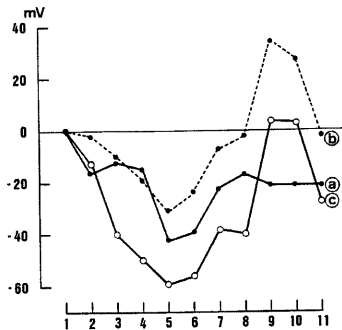


Fig. 3 Distribution of the self-potential in the tunnel. Numbers at the below correspond to the numbers in Fig. 2.

ンネルの平面図と断面図である。微測に使用している電極は1975年に大地比抵抗統観測のため使用したもので床 上 20 cm のコンクリート壁面に穴をあけて設置した 4 本の炭素電極中の C_1 , P_2 , C_2 の 3 本であり 1981 年における $C_1 \sim C_2$ 間の電位差 E-1 はおよそ 800 mV, $C_1 \sim P_2$ 間の E-2 は約 1000 mV であった。このうち E-1 には地震前駆現象と考えられる顕著な変化が現れたにもかかわらず E-2 には全く変化は見られなかった。この原因を調べるためにトンネル内の自然電位分布の測定を試みた。測定は1985年3月25日に2回と4月9日に1回、計3回繰返して行った。トンネルは全体がコンクリートで巻立てられているので伸縮計台のコンクリートブロックと床面コンクリートとの隙間を利用して電位を測定した。測定位置は Fig. 2 の中に番号で示した。電極は塩化鉛電極を用い、3 回の測定結果を Table 1 に纏めた。なお表にはこの様にして得られたトンネル内の電位と地表面のそれとの関係を知るため、測点1とトンネル昇降口傍の地表面との電位差を書き加えてある。得られたトンネル内の自然電位の分布を Fig. 3 に示す。トンネル内に湧水があ

Table 1 Result of the measurements of the self-potential in the tunnel (in mV)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Ground Surf.
Mar. 25. '85.	a	0.0	-16.2	-12.2	-14.7	-42.4	-38.7	-22.2	-16.7	-21.0	-21.0	-21.0	/
"	b	0.0	-2.0	-10.0	-19.0	-31.0	-24.0	-7.0	-2.0	35.0	28.0	-2.0	-197.
Apr. 9. '85	c	0.0	-13.0	-40.2	-50.2	-59.5	-56.2	-38.0	-40.0	4.0	3.0	-27.0	/

るため伸縮計台のコンクリートブロックと床面コンクリートとの隙間には水が溜まり、また床面全体が濡れた状態であるのでこれが測定値に影響を与えているおそれはあるが3回の測定結果の傾向はよく一致している。この様にして得られた測定値は何れも数 10 mV 程度であり、連続観測に使用しているトンネル内の炭素電極間に見られる様な 1000 mV 近い値は全く見られなかった。

Fig. 4 は3本のトンネル内の炭素電極、 C_1 , P_2 , C_2 と野外に埋設した4本の長スパン地電流観測用の炭素電極 N, S, E, W の間の電位差を観測室の入力ケーブル端子間で測定した結果を、観測室に近い S 極を基準として示したものである。これによればトンネル内の C_2 電極は野外の電極と同程度の電位であるが C_1 , P_2 電極は極めて異常な電位を示していることが判る。

3. 自然電位時間変化

Fig. 5 は先に報告した1984年5月30日の地震発生時を含む1984年初めから年末までのトンネル内E-1, E-2

電位の経年変化を示したものである。5月30日の地震後の余震活動は7月にはほぼ終息してその後は静穏であったが自然電位もなだらかな、季節変化と見られる変化を見せている。E-1, E-2 の経年変化の形はほぼ対称であってこれらの形は1983年におけるものとよく似ている。

ところで、1985年4月3日、前年の地震とはほぼ同じ場所を震源として $M=3.2$ (震度3, 姫路)の地震が発生した。Fig. 6 はこの地震発生前後約8日間の E-1, E-2 の毎時間値を示したものである。

4. 考 察

すでに述べた様に自然電位の経年変化観測を行っているトンネル内の電極間、 $C_1 \sim C_2$ (E-1), $C_1 \sim P_2$ (E-2) には 1000 mV 近い電位差が常時生じている。更にこのうち C_1 , P_2 電極とトンネル外の野外に埋設した炭素電極との電位差も 1000 mV に及ぶ異常に大きな値となっている。一方トンネル内の C_2 電極と野外電極との電位差は数 10 mV 程度であってごく普通の値である (Fig. 4)。

またトンネル内の電位分布は Fig. 3 に見られる様にせいぜい数 10 mV 程度のものであり特に大きな値はあらわれていない。これらのことを総合して考えると、トンネル内の C_1 , P_2 電極はトンネルを巻立てたコンクリート壁内に止まっておりこれを貫通して周囲の岩盤に達していない可能性がある。更に壁内の支持

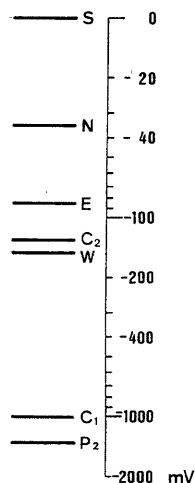


Fig. 4 Approximate levels of the self-potentials of the electrodes in the observation site.

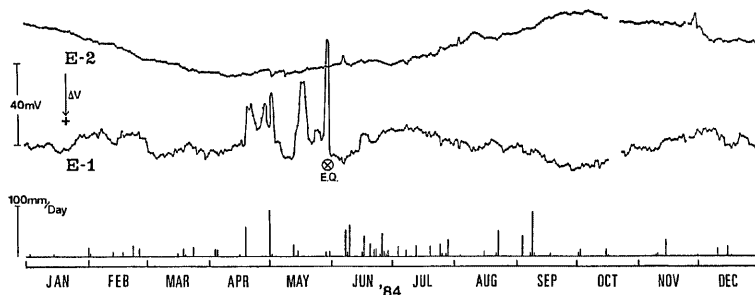


Fig. 5 Time variation of the mean night-values of the self-potential differences between the electrodes in the tunnel

E-1 between C_1 and C_2 in Fig. 2

E-2 between C_1 and P_2 in Fig. 2

E.Q. Earthquake ($M=5.6$) in the Yamasaki fault. Rainfalls are shown at the below.

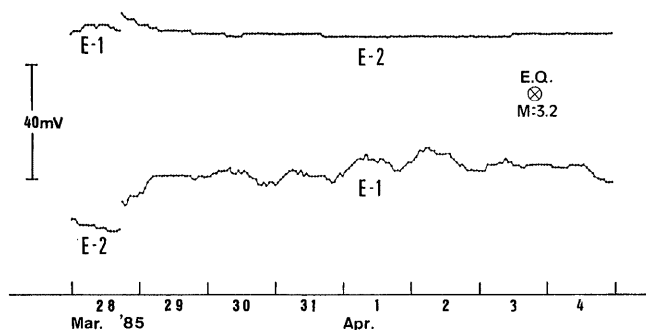


Fig. 6 Time variation of the hourly values of the self-potential differences around the time of occurrence of the earthquake of $M=3.2$ in the Yamasaki fault.

粹、H鋼の影響を受けていることも考えられる。これに対して C_2 電極は完全にコンクリート壁を貫通して岩盤中に設置されているのであろう。恐らくこのことが1984年5月30日の $M=5.6$ の地震に対する前駆現象と見られる変化が E-1 成分には明瞭にあらわれたにもかかわらず E-2 には全く見られなかった原因であろう。すなわちこのことは先の報告の中で述べた様に地震発生に先行して C_2 電極のみの電位に異常変化があらわれたことを意味している。

ところでこの様な電位変化が $V = \rho i$ で表わされる様な地下の電流によって生じたものであるならば地電流観測のための野外の電極間電位、NS, EW 各成分にトンネル内の E-1 と同時に変化が生ずる筈である。特にこれらの成分は電極間隔が長い（NS=400m, EW=655m）300mV 以上の変化が生じ充分観測可能である。地電流観測記録には、電車ノイズによると思われる変動が常時生じてはいるが、夜間値（0h, 1h, 2h, 3h）の平均について示した Fig. 7 に見られる様に E-1 の変化に対応するその様な変化は認められない。むしろ地震発生後に EW 成分の電位差に顕著な上昇が見られる程度である。このことは E-1 にあらず

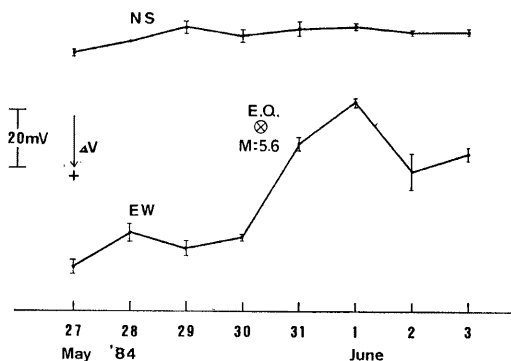


Fig. 7 Time variation of the mean night-values of the self-potential differences between the electrodes used for the earth-current observation around the time of occurrence of the earthquake of $M=5.6$ in the Yamaskai fault.

れた地震前の変化は地中を流れる電流による電圧降下というより電位そのものの変化による、すなわちトンネル周囲の破砕帯の岩盤の、或は岩盤表面の電位が、トンネルのコンクリート壁の電位に相対的に変化した（コンクリート壁に対する電位差が減少した）ことを意味するものと考えられる。この推論は Fig. 5 に見られる平時における E-1, E-2 の経年変化の形がほぼ対称になっていることから裏付けられる。この電位変化を作り出した原因は、E-1 に生じた変化がゆるやかに継続する形であることから判断して、Sobolev³⁾ などが言う岩石破壊によるピエゾ電気ではなく、恐らく地震・マントル上部中における震源域を通じて生じた大量の地下水の移動による流動電位であろうと思われるがこれについては今後更に検討してゆきたい。

一方、1985年4月3日、 $M=3.2$ の地震に対する前駆現象の有無に関しては、Fig. 6 に見られる様に地震発生の約1週間前に記録状態（打消電圧）の調整を行ったため生じた電位のドリフトが残っておりその判定は困難であるが4月1日から E-1 成分のレベルがやや上昇した後2日にかけて回復している様に見える。また3月31日から4月2日の間 E-1 成分に見られる周期的変動は日変化であろう。この時期はやや振巾が大きい様であるが原因は不明である。仮りに E-1 成分に見られるレベルの変化を前駆現象と見なした場合でもその大きさはたかだか 2~3 mV 程度と考えられる。

5. ま と め、謝 辞

山層断層地殻変動観測トンネル内とその周辺の自然電位分布、及び1984年5月30日の $M=5.6$ の地震発生時前後を含む1984年中のトンネル内自然電位の経年変化について調べた結果は以下の様に要約することができる。

1. 1984年5月30日の地震の前駆現象とみられる観測トンネル内電極間の自然電位 E-1 の変化は、周辺の断層破砕帯の岩盤の電位が観測トンネルのコンクリート部分の電位に対して相対的に低下したために生じたものである。
2. 先の報告の中で示唆した様な、E-1 成分の経年変化に長期的前駆現象が現われている可能性は否定的であり、E-1, E-2 は4月末と10月初めに極値となる季節変化とみられる変化を示している。
3. 1985年4月3日発生の地震 ($M=3.2$) の前駆現象としての自然電位の変化が存在したか否かは明確でないが、もしあったとしてもたかだか 2~3 mV 程度と考えられる。

終りに、この度の観測トンネル内の測定を行うに当ってすぐれた塩化鉛電極を御提供下さった東京大学地震研究所・浜野洋三助教授、トンネル内の自然電位分布に関して有益な御教示をいただいた新エネルギー総合開発機構・石戸経士博士の方々に心から感謝の意を表します。更に、これまでの種々の興味ある観測結果を得る契機となった、トンネル内の 20~30 m という短い電極間隔で地電流（自然電位変化）観測を行うという、地球電磁気的な見地からは奇想天外とも言い得る観測を行うことの示唆をいただいた京都大学防災研究所・尾池和夫助教授、常日頃関係観測資料を御提供下さりまた観測トンネル内での測定作業に際しては種々便宜を与えて下さった防災研究所・渡辺邦彦助手の各位に厚く御礼申し上げるものであります。そして特に、現地において長期にわたり献身的に観測のお世話をしていただいている夢前町立上菅小学校教諭・宇野琢哉氏に心からの謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 住友則彦：電磁気諸観測，月刊・地球，Vol. 7, No. 1, 1985, pp. 32-37.
- 2) 宮腰潤一郎：断層破碎帯における自然電位の時間変化，月刊・地球，Vol. 7, No. 1, 1985, pp. 38-42.
- 3) Sobolev, G. A., et al.: Izv. Earth Physics, Vol. 2, 1972, pp. 73-80.