

高精度地下水観測井の地質と観測システムの概要

村山秀幸¹・斉藤悦郎²・高崎芳夫³・畠山宗明⁴・林一郎⁵

¹正会員 工博 株式会社フジタ 技術研究所土木研究部 (〒224 神奈川県横浜市都筑区大鵬町74番地)

²フェロー 工博 株式会社フジタ 技術研究所土木研究部 (〒224 神奈川県横浜市都筑区大鵬町74番地)

³株式会社フジタ 技術研究所構造研究部 (〒224 神奈川県横浜市都筑区大鵬町74番地)

⁴株式会社東建ジオテック 札幌支店技術課 (〒001 北海道札幌市北区15条西3丁目4-2)

⁵株式会社東建ジオテック 技術営業本部 (〒113 東京都文京区湯島3-37-4湯島東急ビル)

兵庫県南部地震では、その前兆現象として地下水の水位、水温、放射性核種ラドンなどの異常変動が報告されている。本報告は、現在移転工事中である株式会社フジタ技術研究所敷地内に設置した地下水観測井(深度200m)の地質と観測システムの概要について述べる。本地点は、神奈川県丹沢山麓南西部の丘陵地に位置し、地質は新第三紀中新世の凝灰岩を主体とする。地下水観測井ではPS検層、電気検層、温度検層、湧水圧試験およびボアホールTV観察を実施し地盤特性を把握すると共に、水位(精度±1mm)、水温(精度±1/1000℃)、気圧(精度±0.15hPa)および放射性核種ラドンの連続観測を実施している。

Key Words : earthquake prediction, water well, groundwater monitoring, water level, water temperature, radon

1. はじめに

兵庫県南部地震(1995.1.17., M7.2)では、地震の前兆あるいは地震後の現象として、井戸や地下水観測井の水位、水温、成分、ラドン濃度などの異常変化が多数報告^{1)~4)}されている。

近年地下水連続観測は、高精度かつ小型の各種計測機器・センサが開発⁵⁾され、測定精度と信頼性が飛躍的に向上しており、地下水観測に基づく地震予知の有効性が理学および工学的に議論されつつある。

本報告は、現在移転工事中であるフジタ技術研究所敷地内(神奈川県厚木市)に設置した地下水観測井(深度200m)の地質および地下水連続観測システムについてその概要を述べる。

本地点は、神奈川県北西部に位置する丹沢山麓南西部の標高55m程度の丘陵地に位置し、地質は新第三紀中新世の凝灰岩である。地下水観測井では、ボーリングコア採取による地質観察を実施すると同時に、PS検層、電気検層、温度検層、湧水圧試験およびボアホールTV観察を実施し、観測井の地盤特性を把握した。地下水観測項目としては、水位(精度±1mm)、水温(精度±1/1000℃)、気圧(精度±0.15hPa)およ

び放射性核種ラドンの連続観測を実施している。

一方、敷地内には地震観測として3成分強震計を深度200m, 50m, 2mの3本のボーリング孔底に設置している。

2. 地質概要

(1) 敷地周辺の地形・地質概要^{6), 7)}

本地点は丹沢山麓南西の丘陵地に位置し、北東約1.0kmにNW-SE方向の藤ノ木-愛川構造線(鶴川断層)と西約1.5kmにN-S-NNW-SSE方向の牧馬-煤ヶ谷構造線(伊勢原断層)が発達している。すなわち、本地点は両構造線に挟まれると同時に、特に牧馬-煤ヶ谷構造線の極近傍に位置している。

図-1に本地点とこれら構造線(断層)の位置関係を示す。

地質は、新第三紀中新世の愛川層群中津峡層に属する凝灰岩と凝灰角礫岩を主体とする。この中津峡層の地層構造は、上記2条の構造線方向と調和的で、全体的として走向N-S-NW-SEで東に30-70°傾斜するが、局所的にはこれら構造線と概ね同方向に褶曲軸(背斜・向斜)が発達している。

表-1 調査・試験項目一覧

項 目	地下水観測用	地震計設置用
穿孔方式 コア採取	ロータリー式 ワイヤーライン コア採取率100%	ロータリーパーカッション式 ワイヤーライン コア採取率80%
深度, 孔径	L200m, ϕ 100mm	L200m, ϕ 108mm
坑井試験 (検層他)	PS 検層: @2.5m, 33点 電気検層:200m 温度検層:200m 湧水圧試験: 3箇所 ホアールTV 観察: 104m	PS 検層: @2.5m, 74点 密度検層:200m 常時微動観測: 1箇所 (GL-150m)
その他	室内岩石試験: 4 試料 (見かけ 比重, 一軸圧縮, 圧裂引張, 超音波 速度) 岩石薄片鑑定: 4 試料	常時微動観測: GL-2m(別孔) GL-50m(別孔) 計 2 箇所

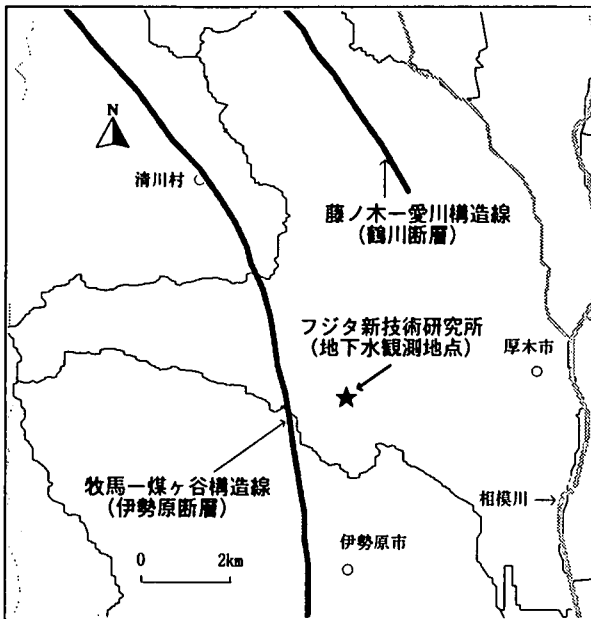


図-1 敷地付近の地質構造線(断層)

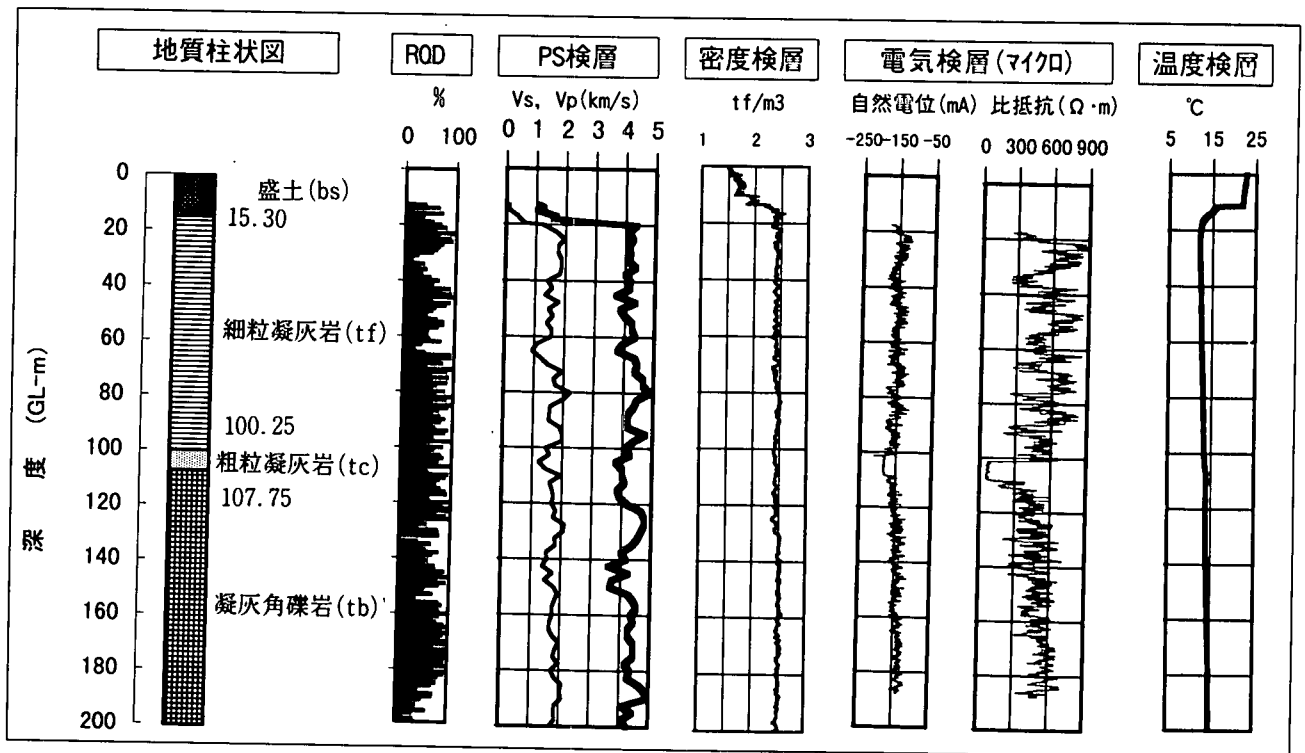


図-2 地下水観測井の総合柱状図

(2) 地下水観測井の地質と工学特性⁸⁾

敷地における地盤特性の把握は、地下水観測用ボーリング深度200m、地震計設置用ボーリング深度200mの2本のボーリング調査および各種坑井試験を主体として実施した。表-1に調査・試験項目一覧を示す。

図-2に地下水観測井の総合柱状図を示し、図-3に地下水観測井と地震計設置ボーリングの位置関係を示す。岩種は凝灰岩中の礫の性状やマトリックスの疎密度から、上位より細粒凝灰岩(tf)、粗粒凝灰岩(tc)、角礫凝灰岩(tb)に区分した。

図-3に示すように、地下水観測井と地震計設置用ボーリングは地表面で4.0m離隔しほぼ東西(東側が地下水観測井)に配置している。両ボーリング調査から地層構造は粗粒凝灰岩(tc)を鍵層として、東に約35°傾斜すると考えられ、敷地付近では基盤岩が局部的に褶曲作用を受けていると考えられる⁸⁾。図-2に示したPS検層および密度検層結果は、地震観測用ボーリングでの測定結果であり、この地層褶曲構造を考慮して測定結果を5.0m下げて記載している。

各種坑井試験による基盤の工学的性質は、一部の

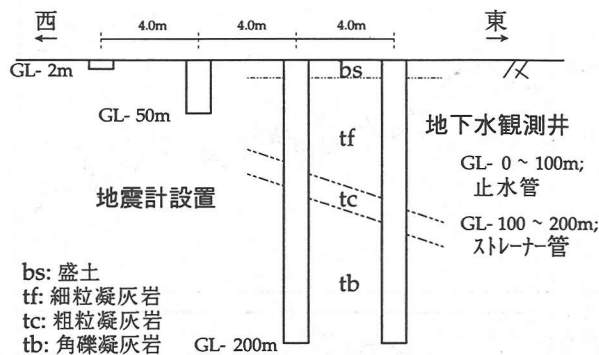


図-3 地下水観測井と地震計設置

表-2 湧水試験区間と結果

区間 (GL- m)	主な岩種	平均水位	透水係数 (cm/s)
96.0~111.3	粗粒凝灰岩	GL-11.83m	7.13×10^{-5}
128.0~147.3	角礫凝灰岩	GL-12.78m	5.16×10^{-7}
185.0~200.0	角礫凝灰岩	GL-12.31m	9.06×10^{-6}

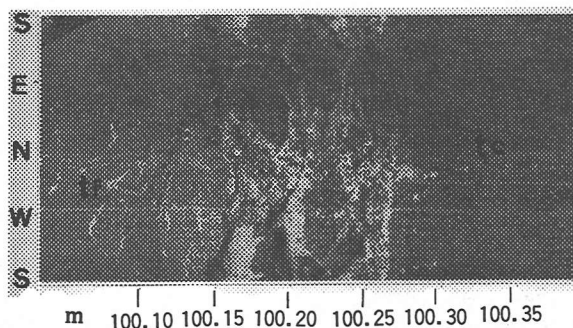


図-4 ボアホールTV画像(深度GL-100.25m付近)

破碎・変質作用を受けた領域を除き硬質な岩盤であることを示しており、弾性波速度はP波速度3,600~4,100m/sでS波速度1,100~2,100m/s、湿潤密度はほぼ 2.50 tf/m^3 である。電気検層結果は、粗粒凝灰岩(tc)の分布する深度GL-100.25~107.75m区間で極端に低くなる傾向を示している。温度検層結果による温度勾配はほぼ直線的に 0.017°C/m であり一般的値よりやや低い。なお、粗粒凝灰岩(tc)の分布する区間は温度勾配が僅かに変化する傾向を示す。

深度GL-30~40m区間の穿孔では若干の逸泥現象が確認されると共に、電気検層結果からもこの区間の比抵抗値が小さくなる傾向を示しており、この区間は地表水を伴う比較的浅い水みちであると考えられる。

湧水圧試験は、採取コア状況および電気検層結果を考慮して表-2に示す3箇所で行った。試験結果より粗粒凝灰岩(tc)の分布する区間の透水性が高く、この区間は比較的深部における裂か水の水みちであると考えられる。図-4にボアホールTV観察による深度GL-100.25m付近の孔壁状況を示す。

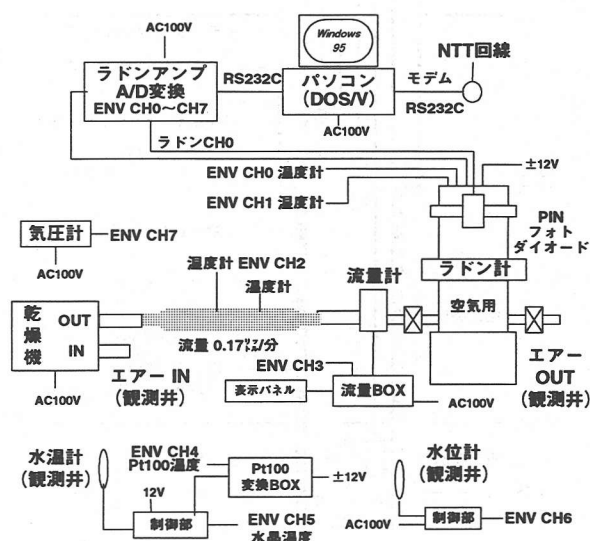


図-5 地下水連続観測システム図

表-3 計測器仕様一覧

計器名称	検出器	精度・分解能	型番
ラドン計	PINフォトダイオード* (静電気捕集型)	α 線の崩壊エネルギーを測定	Radon-20 Radon-01
水位計	半導体圧力素子	$\pm 1 \text{ mm}$	PDCR830
水温計	水晶, Pt100 Ω	$\pm 1/1000^\circ\text{C}$	MDK-401/Z
気圧計	シリコン振動子	$\pm 0.15 \text{ hPa}$	F4711

3. 地下水連続観測システムの概要

(1) 観測システムの概要

地下水連続観測は水位、水温および地下水から坑井内の空气中に放出されるラドンの3項目を同時に連続測定できることが特徴であり、同一観測井でこれら3項目を同時に観測してる事例はほとんどない。

図-5に観測システム、表-3に各計測器仕様の一覧、図-6に観測井の計測器の配置をそれぞれを示す。

観測項目は水位、水温、ラドン以外に気圧、ラドン計に至る空気湿度、流量およびラドン捕集器内の温度、湿度の計8項目である。計測器はそれぞれ高精度・高分解能のものを採用⁵⁾し、水位計 $\pm 1 \text{ mm}$ 、水温計 $\pm 1/1000^\circ\text{C}$ 、気圧 $\pm 0.15 \text{ hPa}$ である。

ラドン計は検出器にPINフォトダイオードを用いた静電捕集型^{9), 10)}であり、ラドン娘核が陽イオン化している性質を利用して娘核を電氣的に収集し崩壊によって放出される α 線のエネルギーを測定する。

観測井は内径 $\phi 52 \text{ mm}$ であり、降雨による地表水と浅層地下水の影響を除去するために上部100mを遮水し、下部100mをストレーナー管(開孔率3%)で防護した。水温計は前述の湧水圧試験により透水性が最も高かった粗粒凝灰岩(tc)中の深度GL-105m付近に設置し、水位計は後述する予備観測結果から深度GL-13.5m付近に設置した。ラドン計測は、常に地下水から

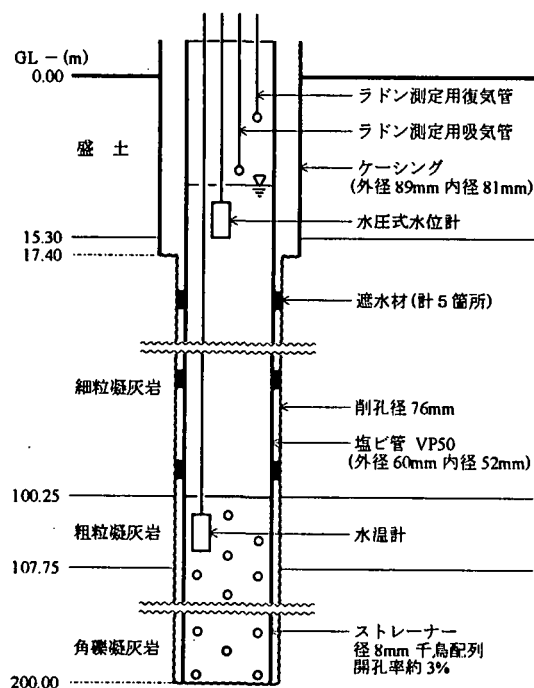


図-6 地下水観測井の観測機器配置

供給されるラドン娘核の変動量を計測するために坑井内より吸気し測定後復気させ、吸気した空気は乾燥機を通して湿度⁹⁾を一定に保った。

(2) 地下水位予備観測結果の概要

本観測に先立ち観測井の地下水位変動を事前に把握し水位計設置位置を明らかにすると共に、降雨による地表水の観測井への流入と気圧・潮汐変化が水位に与える影響を検討するためにフロート式水位計(分解能4mm)にて3ヶ月間予備的な観測を実施した。

図-7に4月8日から5月6日の約1ヶ月間の水位観測結果と気象データ（横浜気象台観測）を示す。

水位変動には長周期（周期4~5日）と短周期（1日に2回程の最大最小ピーク）が確認できる。この長周期の変動は気圧変化と非常に良い負の相関（5mm/1hPa程度）を示し、短周期の変動は潮位（潮汐）変化と良い相関（変動幅最大3mm）を示している。降雨量と水位変動にはほとんど相関はなく、坑井上部の遮水により地表水の流入がほとんどないと考えられる。

以上より本観測井は地表水の影響がほとんどない比較的深部の地下水脈を捉えており、水位変動は気圧と潮汐変化の影響を強く受けていると考えられる。

4. おわりに

本報告は、現在移転工事中である株式会社フジタ技術研究所内に設置した地下水観測井の地質と高精度地下水観測システムの概要について述べた。

平成9年5月現在、地下水連続観測システムにおける各種計測器の調整・校正を目的とした予備計測

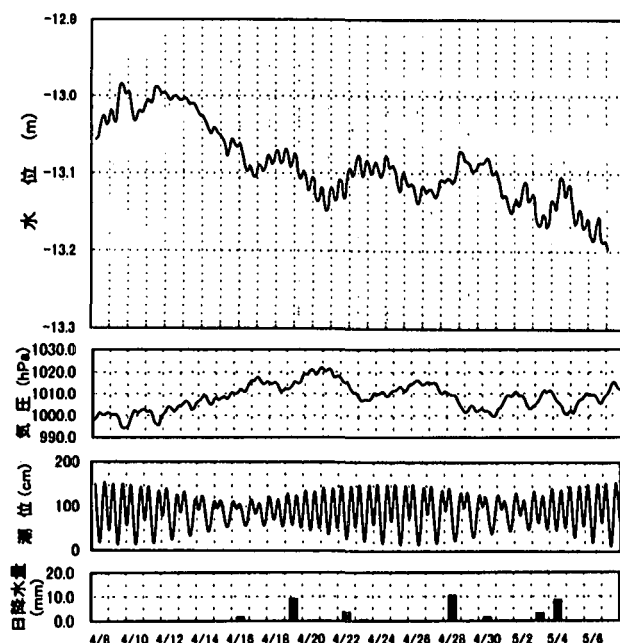


図-7 水位観測結果と気象データの対比

がほぼ完了し、6月より連続観測を開始する予定である。今後、各種の観測データはインターネットなどを通じて公開することを計画している。

参考文献

- 1) 皆野潤・脇田宏：1995年兵庫県南部地震前の地下水の科学組成の変化，月刊地球，号外13，pp. 190~193，海洋出版(株)，1995.
- 2) 佐伯雄司・五十嵐丈二・佐野有司・高畑直人・濱川要・田坂茂樹・佐々木嘉三・高橋誠：1995年兵庫県南部地震前の三宮における地下水中ラドンガス濃度の変動，月刊地球，号外13，pp. 194~199，海洋出版(株)，1995.
- 3) 日本応用地質学会編：兵庫県南部地震一応用地質学の観点から-Ⅳ地震による地下水変動，応用地質，第37巻，第4号，pp. 351~358，1996. 10.
- 4) 佐藤努・高橋誠：1995年兵庫県南部地震後に生じた淡路島の湧水(その2)湧水量の変化，地質ニュース，506号，pp. 24~28，1996. 10.
- 5) 松本則夫・高橋誠・佐藤努・佃栄吉・伊藤久男：近畿地域における地下水観測項目の概要-地下水・地殻歪・GPS・地震動観測-，第11回地質調査所研究講演会資料「兵庫県南部地震の地質学的背景」，財団法人日本産業技術振興協会，pp87~89，1996. 11.
- 6) 岡重文，島津光夫，宇野沢昭，桂島茂，垣見俊弘：藤沢地域の地質，地域地質研究報告(5万分の1図幅)，地質調査所，1979.
- 7) 厚木市：厚木市史(地形地質編，原始編)，厚木市秘書部市史編纂室，1985.
- 8) 村山秀幸・高崎芳夫・石井篤・小野義之・新井信一：穿孔方法の相違による岩盤調査ボーリングの地質・検層結果の比較検討-ロータリーパーカッション式とロータリー穿孔の対比-，第32回地盤工学会研究発表会，地盤工学会，1997. 7. (投稿中)
- 9) 田坂茂樹・佐々木嘉三：岐阜県神岡鉱山における地下水のラドン濃度の観測(1)，地震，第45巻，pp. 1~9，1992.
- 10) 五十嵐丈二：地震に関連した地下水の水位・ラドン濃度変化のいくつかの特徴と地震予知の可能性，地球科学，30，pp. 1~16，1996.