

宇宙線ミュオンによる大規模土木構築物  
モニタリング技術の開発に関する研究

Development of a technique for an inspection of a large-scale civil engineering structure with  
cosmic ray muon radiography

三宮 明\*                      田中 宏幸\*\*  
SANNOMIYA Akira          TANAKA Hiroyuki

**Abstract** In order to confirm the feasibility of a non-destructive radiographic evaluation of a large-scale civil engineering structure, the muon detection system and the measurement scheme are designed for inspection of a void distribution and underground water levels.

**Keywords:** muon, radiography, civil engineering, non-destructive testing

## 1. 緒言

近年宇宙線の一種であるミュオン粒子を用いて火山や都市地盤内部を観測する技術が開発されつつあり、この技術を大規模土木構築物の内部、あるいは地中構築物の状態把握や監視に利用できる可能性が示唆されてきている。

このような状況のなか、大規模土木構築物の内部状況（地下水位面、構成材料の健全性や空洞等）を宇宙線ミュオンにより、精度良く非破壊で調査する技術開発の実施可能性を確認することを目的として、テスト計測サイトの状況を考慮した試験計測計画の検討・策定、及び測定機器の検討・概念設計を行うものである。

## 2. テスト実験

ミュオン粒子観測に必要な周囲地形の詳細な情報を以下の手順で得た。（１）水力発電用ダム左岸周辺に関する 1/25,000 地形図、用地測量図、水抜きトンネル竣工図など既存の図面・資料を調査し、ミュオン粒子の観測、観測設備の設置などに必要となる情報を整理した。（２）ダムの左岸斜面部に位置する水抜きトンネル内において、正確に図面に記載できるよう、ダム天端付近に設置されている基準点を基に測量を行なった。測量位置は坑口と、水抜きトンネル中心線、ならびにミュオン粒子測定機器の設置予定位置、およびミュオン粒子測定機器を中心とした東西南北の方位をトンネル内に測量、およびマーキングした。（３）ミュオン粒子計測機器の設置をふまえ、水抜きトンネル内、及びトンネルの入り口付近における電気・水道・換気・排水などインフラ状況を調査し、表 1 に情報を整理し取りまとめた。

---

\*電源開発株式会社 技術開発部 茅ヶ崎研究所 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88

TEL: (0467)88-7854 E-mail: akira\_sannomiya@jpower.co.jp

\*\* 東京大学地震研究所

表 1. 水抜きトンネル内、及びトンネルの入り口付近における電気・水道・換気・排水などインフラ状況

| 設備  | 位置             |   |
|---|----------------|---|
| 排気用ブロワー   | 坑口5m付近         |   |
| 排水用側溝   | インバートに<br>全線配置 |   |
| 100V電源<br>単相200Vの商用電源をダウン<br>トランスにより100V変換 (JP<br>天竜事務所による配線、トラ<br>ンスは茅ヶ崎研究所) | 坑口から397m付近     |  |

旧水抜きトンネル内が計測可能な計測環境にあるか、機器の耐久性に問題は無いかを確認するため、機器を仮設置してテスト計測を行なった。シンチレーションカウンター、電源ボックス各1台を仮設置し、電源を ON にしたまま残置した。旧水抜き坑内の電源は、蛍光灯と連動しているため、残置期間は電源を「入」としたままとした。



図1 シンチレーションカウンター、電源BOX設置状況

テスト計測は、設置日である平成24年1月27日とそれから約3週間経過した2月15日に2回目の調査を実施した。テスト計測は、東京大学より貸与を受けたオシロスコープを使用して、ミュー粒子を受信しているか否かで判断した。なお、温度と湿度は携帯型デジタル計測器、電圧はテスターによる計測である。テスト計測時の環境測定結果を表2に示す。

表2 環境測定結果

| 測定日        | 温度(°C) | 湿度(%RH) | 供給電源の電圧(V) |
|------------|--------|---------|------------|
| 平成24年1月27日 | 14.6   | 92      | 94.6       |
| 平成24年2月15日 | 14.4   | 93      | 93.6       |
| 平成24年3月 5日 | 14.6   | 95      | 97.0       |

### 3. 水位測定

既往の地下水位観測結果を踏まえると、降雨によって地山地下水位が上昇して下降するまでの時間は、1～2日程度であり、ミュー粒子の観測により地下水位低下時期と高い時期を比較照合するとなれば、この地下水位上昇時期に観測を実施する必要があると思われる。地下水位観測孔として掘削されたボーリングは合計 15 孔あるが、そのうち現在地下水位を観測しているのは、8 孔である。孔により降水に伴う水位上昇が著しく、とくに降水量が 200mm/日を超た場合、約 30m水位が上昇しているのが確認されている。また、不明瞭ながらも緩やかな季節変動が認められ、4月～10月の降水量の多い時期には水位が高く、逆に 11月～3月の降水量の少ない時期には全体的に水位が低い傾向が認められる。平成 16 年時点での平均水位は 145.15m なのに対し、平成 21 年末時点での平均値は 149.33m であり、上昇傾向が認められる。図には平均水位の変化を示した。平成 11 年以降年ごとに約 1～3m の上昇が認められる。

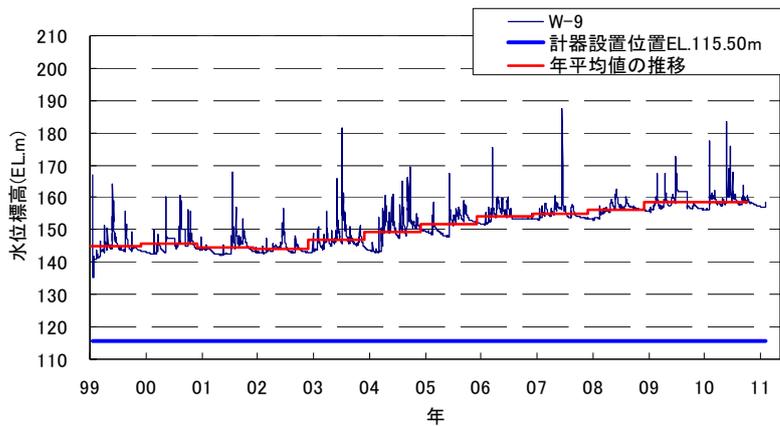


図2 孔地下水位変動図

### 4. 結論

現地状況調査については、図面類の整理を行なうと共に、水抜きトンネル内部の測量を行い、テスト計測候補ポイントおよび計測候補方向を明示した。また、トンネル内のインフラ状況を確認（一部整備）すると共に、ミュー粒子の簡易的な観測装置を設置し、高湿度下での耐久性確認を行い、本水抜きトンネル内での観測も可能であることを確認した。

しかしながらトンネル内は常時 90%以上の湿度があることから、必要に応じて湿度対策が必要であることも判明した。ミュー粒子測定機器に関する検討については、測定機器の基礎情報を整理すると共に、概念設計を実施した。