

## 鉄道沿線における地下流水音探査事例と適用性について

地下流水音探査・水みち・鉄道

株式会社レールテック ○ 荒平義生

西日本旅客鉄道株式会社 高馬太一 佐々木良

大鉄工業株式会社 金山幸司, 株式会社拓和 木上和也

## 1 はじめに

地下水の流水経路(以下、水みちという)を把握することは、工事における地下水の影響評価、土構造物の維持管理および斜面防災等において非常に重要といえる。特に土砂災害については水を誘因として発生することが多く、そのような箇所に対しては水抜き対策の実施が検討される。より効果的な水抜き対策を行うためには、水みちを把握したうえで対策工の範囲や配置等を決定することが望ましい。

そこで、本研究では水みちを非破壊で面的に把握することが可能とされるいくつかの調査手法のうち、測定が比較的容易にできる地下流水音探査に着目し、湧水が確認されている鉄道盛土において調査を実施した。本稿では、地下流水音探査の概要および探査結果を報告するとともに、鉄道沿線における地下流水音探査の適用性について述べる。

## 2 現場概要

探査対象とした盛土は、海岸沿いを通過する単線区間の盛土である。当該箇所は海岸段丘の谷部に位置し、傾斜地盤上に構築された谷渡り盛土である。盛土延長は約100mであり、盛土高さについて山側は約10m、海側は約17mである。地質は基盤岩として礫岩、その上位に粘土混じり砂礫からなる風化土層および谷部堆積物となる礫・砂混じり粘土が分布し、盛土は主に粘土混じり砂から構成される。図1に調査位置平面図、図2に断面図を示す。

地下流水音探査を実施した測線は3測線であり、測線Aは線路左側(山側)、測線Bおよび測線Cは線路右側(海側)である。今回は既存調査より湧水が確認されている線路起点方の約55mの範囲を対象とし、全測線とも測点間隔は概ね5mとして探査を実施した。なお、測点は起点方から終点方に向けて①～⑬とした。



図1 調査位置平面図

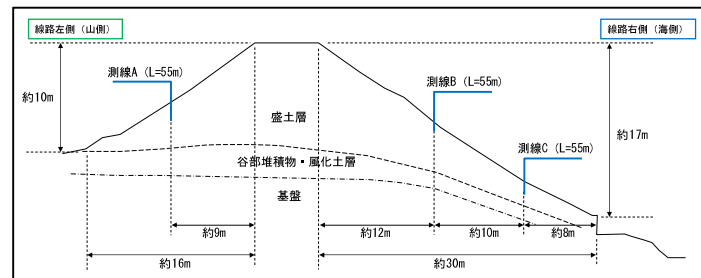


図2 断面図

## 3 地下流水音探査および探査結果について

## 3.1 地下流水音探査

地下水が流れる際に岩盤の亀裂や土粒子の間隙にあった空気と水が交換され、その際に気泡が発生し、この気泡が割れる時に発する音を曝気(ばっき)音という。地中に存在する様々な音の中からノイズフィルターを通じて曝気音を収集し、この音の強さを測定することで、水みちの分布を推定する探査手法が地下流水音探査である。

図3に地下流水音測定装置(ピックアップセンサー、測定記録器、ヘッドホン)を示す。測定結果は、音の強さとしてデジタルデータ(D値)で記録される。

測定は以下の手順で実施した。①測点の位置出しを行う。②測点にてステンレス棒が付いたセンサーを地面等に突き挿して固定する。③地下流水音を聴き、音の強さをメーターや液晶画面で確認する。④記録ボタンを押して地下流水音を記録する。⑤次の測点へ移動し、測定と記録(②～④)を行う。これらの作業を測点毎に繰り返し実施した。



図3 地下流水音測定装置

About applicability and underground Water Sound Exploration case in railway wayside

Yoshio ARAHIRA (Railway Track & Structures Technology),  
Taichi KOUMA, Ryo SASAKI (West Japan Railway Company),  
Kouji KANEYAMA (DAITETSU KOGYO), Kazuya KINOKAMI (TAKUWA)

### 3.2 地下流水音探査結果

探査結果を表 1、図 4 および図 5 に示す。なお、図表内の D 値 ave は、1 測点あたり 10 回測定して求めた平均値であり、探査時の地下水位は、地下水位観測結果から測線 A 山側で約 GL-5m、測線 B 海側で約 GL-6m であった。

探査結果から、D 値 ave の最大値は、当該盛土区間のほぼ中央に位置する測線 A 測点⑫の D 値 ave =206.1 であった。各測線の線路方向の D 値 ave 分布に着目すると、海側の測線 B と測線 C がよく似た傾向を示していることがわかる。

次に、図 5 は D 値 ave を色分けし、平面図に示したものである。なお、D 値 ave が大きいほど音の強さが大きく、赤色部は相対的に周辺と比べ水みちとなっている可能性が高いと判断できる。本図より探査を実施した範囲では、山側は終点方に、海側は起点方に水みちが分布していることが推定される。また、既存調査より海側起点方ののり尻付近には湧水が認められていること、さらに、既存研究<sup>1-3)</sup>より地下水の流れやすい箇所と流れにくい箇所では前者の方が音の強さがより大きくなること、水みちの直上で最も地下流水音が強くなる性質が認められていること等から、今回の探査結果は当該箇所の水みちを概ね把握できたと考えられる。

表 1 地下流水音探査結果(D 値 ave)一覧表

測線	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点⑥	測点⑦	測点⑧	測点⑨	測点⑩	測点⑪	測点⑫	測点⑬
測線①	64.8	46.9	46.2	70.1	76.6	77.3	46.0	51.3	48.8	147.4	49.6	206.1	-
測線②	48.5	91.5	12.6	11.4	18.1	53.5	61.6	42.5	66.1	33.9	62.9	52.2	-
測線③	23.5	106.9	65.1	-	-	44.1	25.5	20.6	14.2	35.2	32.7	19.5	10.1

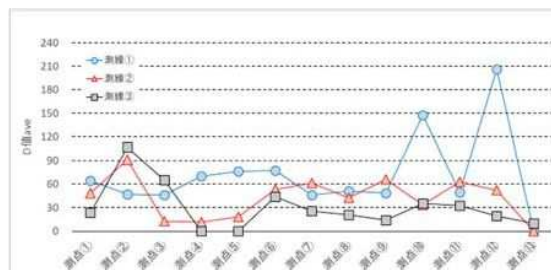


図 4 地下流水音探査結果図

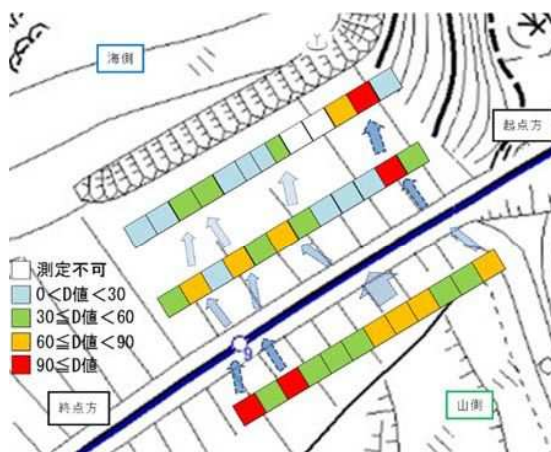


図 5 地下流水音探査結果平面図

### 4 鉄道沿線における適用性について

今回、実施した探査の実績および所見を以下に述べる。

- 本探査は昼間作業で行い、列車間合い(30～60 分に 1,2 本程度)の中で実施した。測線は 3 線、全測点数は 35 点であり、現場作業は 1 日で完了した。準備を除く測定作業は 1 名で可能である。
- 測定音について、海側で実施する際に波や風の音が計測に影響すると懸念されたが、実際は虫の羽音等がノイズとして影響を受けた。
- 発破やカケヤ等起振の必要がない探査であり非破壊であることから、盛土の安定性や列車運行に対し影響を与えないことが認められた。
- 測定結果について、本探査は水みちの分布を定量的な音の強さで判断することから、専門技術者でなくても測定結果から現場で水みちを想定することが可能である。
- 測定時にセンサーを固定するため、ステンレス棒を地面等に突き挿している。今回は線路内で測定は行っていないが、バラスト上で測定を実施する場合には、センサーの固定に工夫が必要と思われる。

鉄道沿線においては、安全で列車運行に支障しないことや列車間合いで測定できることが非常に重要であり、本探査はこの条件を満たしている。また、測定に専門技術者を必要としないこと、さらに、測定結果が数値で定量的に表されるため、現場で比較的容易に活用できるといえる。しかしながら、列車本数の多い線区や交通量の多い道路に隣接する箇所等、作業時間の制限やノイズの影響を受ける箇所では、夜間作業とする等の作業環境に配慮する必要があると考えられる。

### 5 おわりに

地下流水音探査は非破壊であり、盛土の安定性に影響を与えないこと、現場での作業効率も良好であること等が確認でき、鉄道沿線における水みちの探査手法として適用可能であると考えられる。今後は、4 章で述べた課題を解決するため、さらに、斜面や盛土の維持管理や不明伏び(線路下横断管)調査等の更なる利用目的に対しても精度や適用性を確認するため、本探査データを蓄積し、鉄道沿線における水みち探査手法のひとつとして、活用を進めていきたいと考えている。

最後に、本探査実施にあたり、ご協力いただいた株式会社拓和の皆様に謝意を表す次第である。

#### 【参考文献】

- 1) 砂防学会: 地下流水音の検知とその後の崩壊発生(多田泰行・藤田正治ら), 平成 17 年 5 月
- 2) 水工学会論文集: 地下流水音による地中水みち経路の推定(多田泰行・藤田正治ら), 平成 18 年 2 月
- 3) 斜面崩壊対策技術: 斜面崩壊発生場所の予測手法に関する研究(多田泰之), 平成 26 年 5 月