

石積土留壁からの出水原因特定と対策の実施

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○森 友香
東海旅客鉄道株式会社 正会員 大山 智

1. はじめに

当社御殿場線 駿河小山・足柄間 28k320m 付近の空積構造の石積土留壁において、一部の目地から多量の出水が確認された(写真-1)。空積構造の石積土留壁の目地からの出水については、一般的に変状と捉えることはないが、当該箇所においては、多量の出水が過去から継続していることから、石積土留壁や上部の切取斜面の状態を調査することとした。本稿では、出水の原因および石積土留壁や切取斜面の状態を把握し、大規模な変状が発生する前に有効な対策を施工した内容について報告する。



写真-1 石積土留壁からの出水状況

2. 現場状況の確認

石積土留壁の上部には、切取斜面が形成されており斜面上に空洞(以下、空洞A)が存在した。出水箇所から沼津方にはたて下水があり、その上部に別の空洞(以下、空洞B)が存在した。また、出水箇所上部には3箇所の陥没を確認した(写真-2)。



写真-2 切取斜面の空洞および陥没の位置

石積土留壁の施工時期は、御殿場線開業当初の明治22年である。石積土留壁からの出水量は、地表面から約1.5m、幅2m程度の位置より4.3L/secであった。また、晴天・降雨時のいずれの状況下においても出水量に大きな差はなかった。たて下水の施工時期は、昭和63年である。当時の記録より、平成21年頃までは

キーワード 鉄道、石積土留壁、出水、地中空洞

たて下水に流水があることがわかったが、現在は降雨時においても流水の形跡は確認できなかった。

3. 出水原因の特定

(1) 地形・地質調査

当該箇所の地形は、箱根山と鮎沢川に挟まれた河岸段丘地形である。また、地域の神社に保管してある江戸時代の古地図により当該箇所一帯は、水田として利用されていたことが判明した。御殿場線沿線の地質は、古富士火山の噴火による古期泥流層が基盤となった地域であり、地震や土砂崩れに強く、侵食されにくい安定した地盤であることがわかった²⁾。

(2) 地中空洞の詳細調査

まず、空洞A内部の調査を実施した。空洞の入口部は、幅0.6m、高さ0.3mであり、地中に4m程度延びていた。さらに奥では、空洞断面が馬蹄形を呈し、幅0.7m、高さ0.8mと広がり三方向に分岐していた(写真-3)。流水のある底部には堆積したと思われる砂質土が約1.2mの深さで存在した。

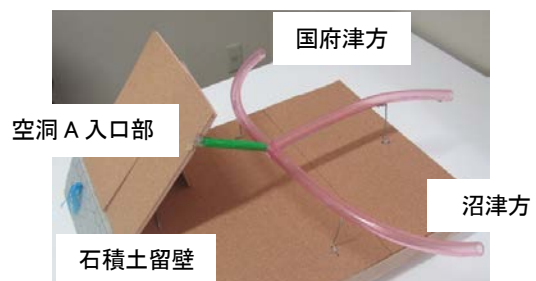


写真-3 地中空洞のイメージ模型

陥没①～③(何れも幅0.5m、高さ0.5m、深さ0.14m程度の大きさ)の箇所において簡易貫入試験を実施した結果、陥没部の表面から300mm程度がN=5と軟らかいことから、陥没箇所に空洞の存在が懸念された。そのため、陥没下を人力により掘削したが、空洞はなかった。よって、陥没①～③は風化した表層の一部が降雨により沈み込んでできた窪みであると推察した。

一方、地盤を掘削した結果、新たな空洞(以下、空洞C)を発見した。空洞Cは、石積からの出水の口元になっており、空洞A同様に馬蹄形を呈しており、幅

0.6m, 高さ 1.2m 程度であった。

次に, 地中空洞に関する文献調査を行った。小山町史³⁾によると, 当該地域一帯は江戸時代から農業が盛んであった一方, 水の確保に苦慮していた地域と考えられ「山の斜面に横穴を掘り, 水を引いた」との記述が残っている。そこで, 静岡県から取り寄せた手掘地中隧道ルート図を基に, 当該箇所付近にある隧道坑口の調査を行ったところ, 本研究対象の空洞と同一断面の隧道坑口を確認した。以上より, 当該現場の空洞は手掘の隧道であると特定した。

そして, 隧道のルートを特定するためにトレーサー試験による調査を行った。色水を使用し, 空洞 A に流した結果, 空洞 C において色水を認めた。よって, 空洞 A・C が繋がっているといえる。また, 空洞 C からの水を堰止め, 空洞 A・B の水位の変化を調査した結果, 空洞 A・B 共に水位が上昇した。以上の結果から, 空洞 A・B・C が繋がっていることが判明した。また, 線路を挟んだ反対側の切取斜面にも同一断面の空洞 D を発見した。現場調査並びに過去の文献から得られた知見より, 隧道のルートを特定した(図-1)。

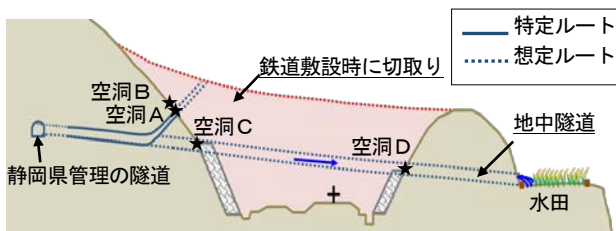


図-1 隧道ルート断面図

4. 土工設備の健全度評価

石積土留壁の目地部において多量の出水が発生していることから, 石積土留壁自体の健全度を評価することとした。目視調査結果より, 石積土留壁の躯体沈下, 傾斜, 孕み出しと, これらにより発生する食い違い等はみられなかった。さらにファイバースコープにて目地部から裏込め材を観察したが, 背面に裏込め材の流出はなく, 空洞がないことを確認した。簡易貫入試験により, 石積土留壁基礎部の地盤状態を確認した結果は $N \geq 40$ であり, 基礎部の支持地盤としては十分に機能を有していることが確認できた。さらに, 健全性の定量的な評価手法として, 衝撃振動試験による既設石積土留壁の健全度評価⁴⁾を実施した。その結果, 隣接する健全な石積土留壁と同等の安定性を有していることが明確となった。以上の結果より, 出水が発生している石積土留壁は健全であると判定した。

切取斜面の健全度については, 斜面表層厚 300mm 程度は軟らかく, 風化により砂質状となっているが, 笹竹の根が斜面全体に広がっていることから, 表層自体は安定しているものと判定できる。300mm 以深は $N \geq 40$ の硬質な地盤であるため安定した地盤である。また, 土留壁からの出水に濁りが見られないことから大きな変状や進行性はないと判断した。

5. 対策工の検討・実施

斜面内部の隧道は数百年間安定しており, 現在も健全であると判定できるため, 隧道内の対策は不要であると考えられる。しかし, 表層侵食が進行すると石積土留壁の裏込め材が流出し, 崩壊に至る恐れがある。以上より, 空洞 C からの出水による侵食防止を図るため, コルゲート管を敷設することにより流水の勢いが強い表面の水を処理し, 攻撃地形を保護することとした(写真-4)。なお, 管径については 4.3L/sec の出水量及び地中に埋設する管の維持管理を考慮した上で, $\phi 300$ のコルゲート管を選定した。この対策により, 斜面の安定性を乱すことなく, 表層侵食および石積土留壁の裏込め材流出を防止することができる。



写真-4 対策工の実施

6. まとめ

地形・地質及び過去からの文献調査から, 江戸時代に人工的に造られた地中隧道の存在を明確にし, 出水原因を特定することができた。さらに隧道が安定していることを確認し, 既設土工設備の健全度を評価した上で有効な対策を施工することができた。対策の施工から 1 年経過した現在も, 隧道内の水はコルゲート管から適切に排水されており, 斜面上にも変状はみられない。今後も水量や斜面の状態を経過観察し, 適切な維持管理に努めていく。

参考文献

- 1) 嶽之下宮より拝借
- 2) 富士山東麓の地質地形 御殿場・小山の地質・地形: 小山町
- 3) 小山町史 第六巻: 小山町
- 4) 「既設土留めの健全度診断」『鉄道総研報告』Vol.26: 鉄道総合技術研究所