

鉄バクテリアを要因とする トンネル排水閉塞の対策工について

丸山 絢士・足立 修

長野県 千曲建設事務所 維持管理課 (〒387-0007 長野県千曲市大字屋代1881)

全国各地のインフラ施設において、鉄バクテリアを要因とする排水路の閉塞の被害が散見されている。道路トンネルの排水設備では、中央排水管や横断排水管を道路に埋設しており、供用後に閉塞を確認した場合、清掃設備を新たに設け清掃を行うほかない。しかし、清掃作業は道路中心部で行う必要があり交通規制や作業の安全確保が課題となる。本稿では当所管の道路トンネルにおいて交通規制による県民への影響を最小限に留めながら、今後の維持管理性を考慮した対策工の検討結果について報告する。

キーワード トンネル補修, 鉄バクテリア, 排水管閉塞, 維持管理

1. はじめに

近年国内各所では更新時期を迎えたインフラ設備の更新・修繕が注目されており、維持管理の重要性が年々増加傾向にある。一般的な山岳トンネルの計画時や建設時にトンネル排水に流入する水のバクテリア調査は実施しない。

しかし、全国各地の数多の水源には鉄バクテリア（バクテリアの一種）が含まれており、トンネル等のインフラ施設建設後において、排水設備を赤褐色の汚泥が蓄積する場合がある。所謂、鉄バクテリアによる排水路の閉塞である。鉄バクテリアは主にレプトスリックス属、ガリオネラ属があり、生息は土壌中、地下水、河川水、井戸水等に普遍的に存在している。当所管の坂上トンネルでは2015年の調査結果よりガリオネラ属が優占種であることが判明しており、ガリオネラ属は二価の鉄イオンを電子供与体として三価の鉄イオンを生産させることでエネルギーを得て、PH2～3の酸性環境に変化させ生活する細菌である。排水設備閉塞の原因は鉄バクテリアが三価の鉄イオンを発生させたことにより、水酸化物イオンと反応し水酸化第二鉄を発生させ、水酸化第二鉄が赤褐色の汚泥となることが原因である。（図-1）

坂上トンネルは2004年竣工（延長：1513.0m、幅W=8.5m）のNATM工法のトンネルであり、現状は約2年に一度程度の頻度でトンネル排水設備の中央排水管が鉄バクテリアにより閉塞し、路面上に水が溢れる被害が確認されている。（写真-1）

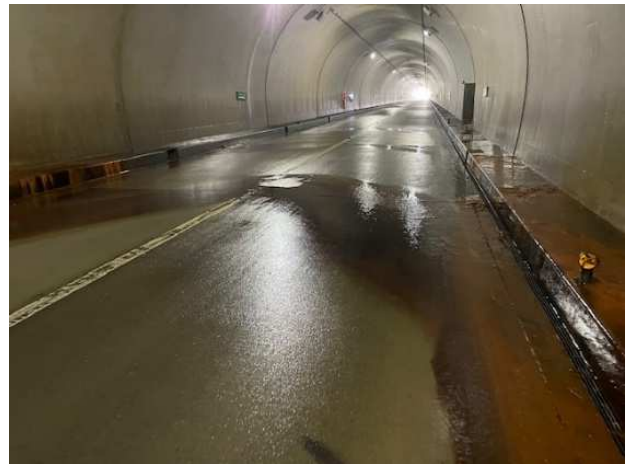


写真-1 路面漏水状況

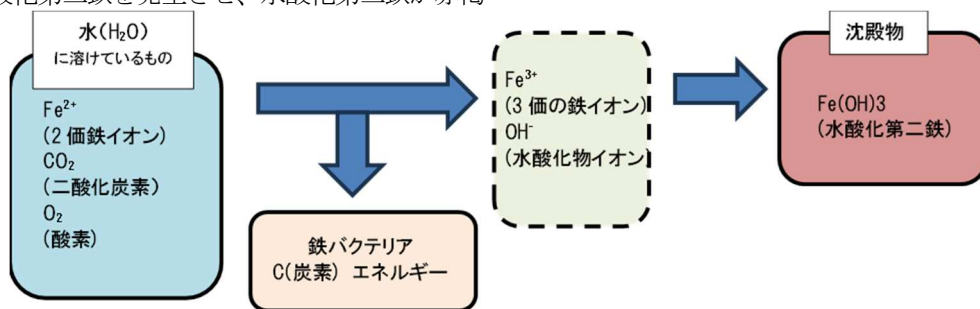


図-1 鉄バクテリア発生メカニズム

鉄バクテリアは自然環境に普遍的に存在することから完全除去は困難である。そのため、鉄バクテリアとうまく共存しながら、維持管理性を高める方法について検討を行った。本稿ではその取り組み結果について報告する。

2. トンネル補修履歴と管路閉塞原因

坂上トンネルは主要地方道大町麻績インター千曲線の千曲市と築北村境にある2004年竣工のトンネルである。竣工した翌年からコンクリート舗装目地から湧水が確認されており、補修対策工として水抜きボーリング、暗渠排水等の工事を実施しているが、湧水を改善することはできなかった。2016年に割込人孔（1号マンホール）を中央排水管に設置し、2024年まで割込人孔から中央排水管の清掃を行ってきた。しかし、中央排水管はトンネル中央に位置してあるため清掃作業は道路中心を逸脱して作業を行う必要がある。そのため作業員の安全性が低い危険な作業である。また、中央排水管は清掃できるが、各所に設置してある横断排水管の清掃ができないという欠点がある。（写真-2）

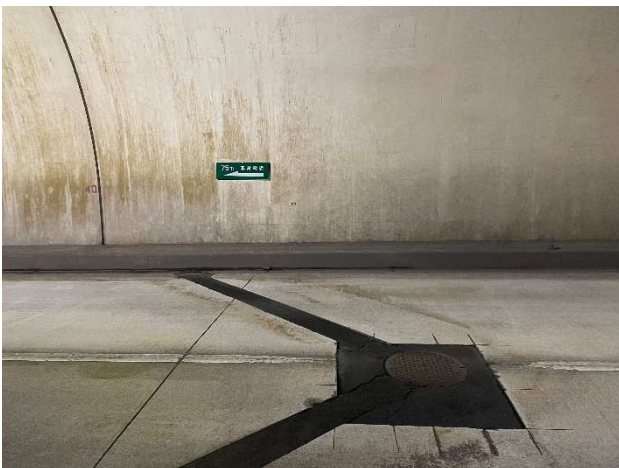


写真-2 清掃マンホール状況

管路閉塞の原因である鉄バクテリアは鉄イオンが多い水質、温度が35～40℃、水の流れが停滞、滞留しやすいところに増殖する傾向がある。坂上トンネルでは夏季の中央排水管に流れる排水の水深は約10cmに対して、冬季の中央排水管に流れる排水の水深は約7cmと流れる水量が落ち停滞、滞留しやすくなっているため鉄バクテリアが増殖して管路を閉塞し、翌年の夏季に水量が多くなり路面上に水が溢れたのではないかと推測される。

3. 管路閉塞対策

(1) 中央排水管対策工

管路閉塞対策工については閉塞の原因である鉄バクテリアの特性上メンテナンスフリーでの維持管理は困難であると考えたため、以下の条件を設定し、維持管理性を

高める対策案を模索した。

- ① 規制の影響を最小限にするために片側通行規制で維持管理を行える対策
- ② 維持作業時の安全性が高く、作業が容易になる対策
- ③ 維持作業時、濁水が流末の沢に流れていかないように回収できる対策

また、工事する際の通行規制も社会的な影響を最小限で行えるよう原則片側通行規制で施工できる対策工を比較検討した。

a) 第一案 場所打ち箱型マンホール+掃除孔案

現在の中央排水の位置をずらさずに長方形のマンホール設置し、マンホール蓋を左車線(下り)中央にずらす。

(図-2) また、φ200の小型マンホールの掃除孔(図-3)を右車線中央から既設中央排水管に屈曲させて接続する対策である。(図-4)

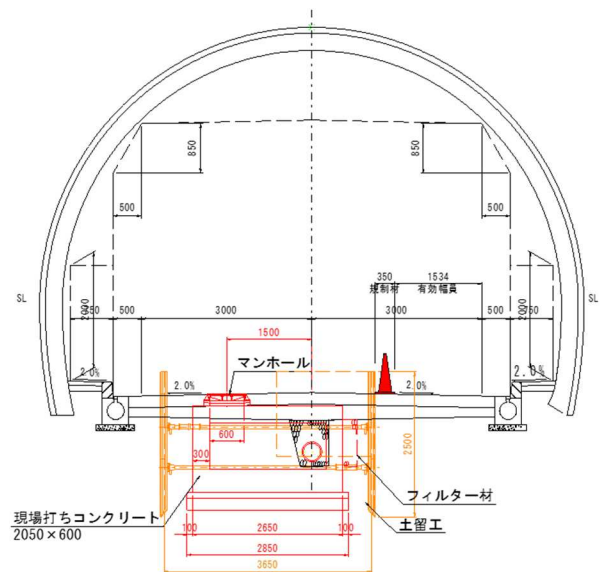


図-2 第一案 マンホール設置断面図

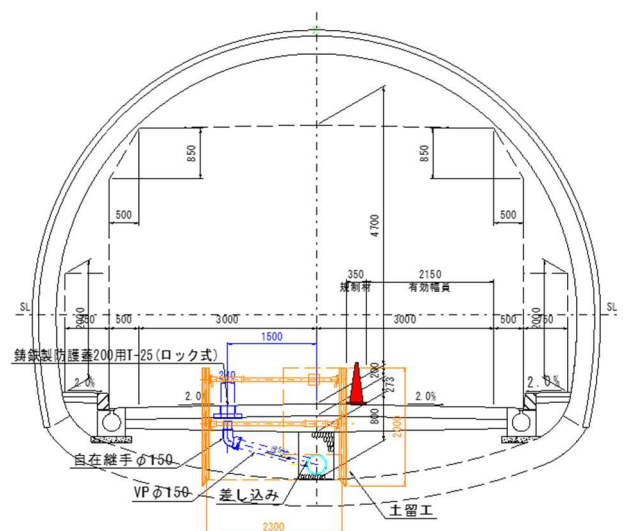


図-3 第一案 清掃孔設置断面図

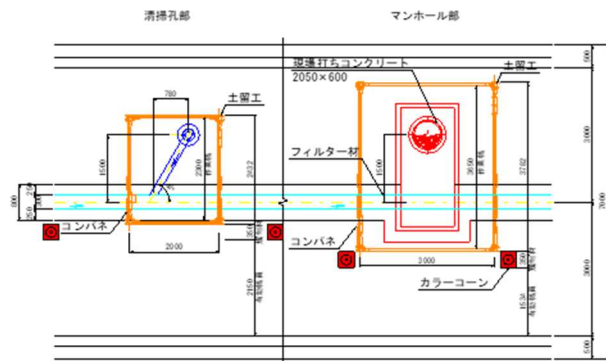


図-4 第一案 対策工法平面図

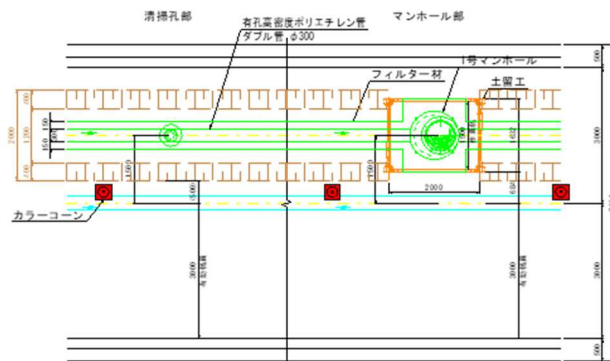


図-7 第二案 対策工法平面図

b) 第二案 中央排水バイパス案
新たに左車線(下り)中央に既設中央排水管と同等の排水管を設置し、1号マンホール(図-5)とφ200の小型マンホールの掃除孔(図-6)を設置する対策である。(図-7)

c) 第三案 マンホール+掃除孔案
第一案と同じく中央排水の位置はずらさず1号マンホール(図-8)とφ200の小型マンホールの掃除孔(図-9)を左車線(下り)中央に設置し、左車線(下り)中央から既設中央排水管に屈曲させて接続する対策である。(図-10)

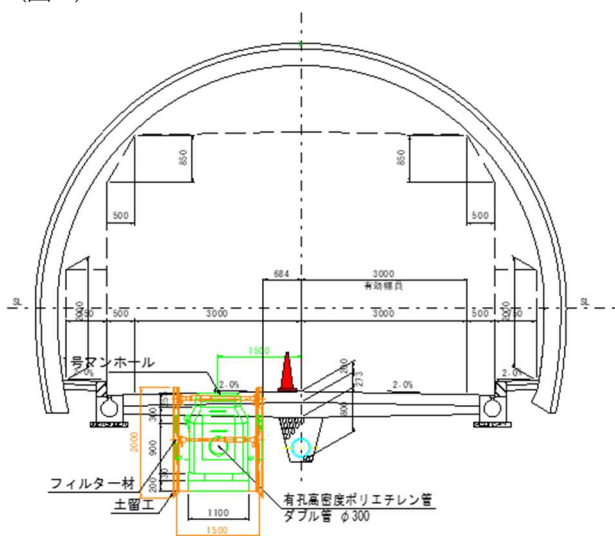


図-5 第二案 マンホール設置断面図

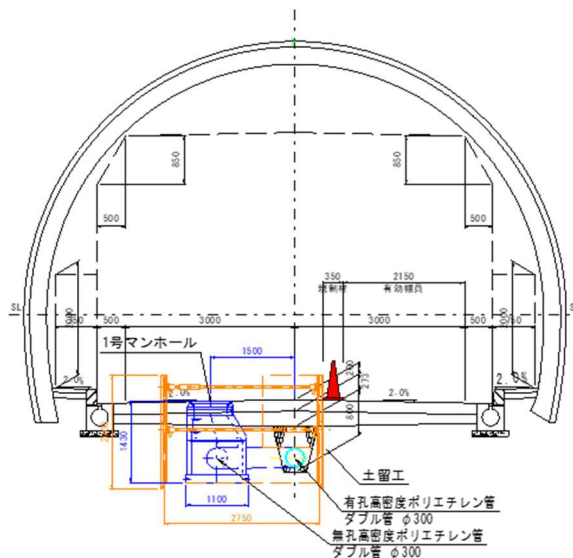


図-8 第三案 マンホール設置断面図

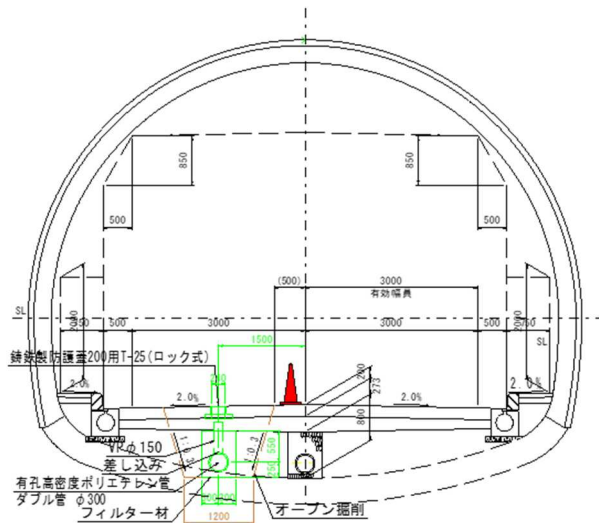


図-6 第二案 掃除孔設置断面図

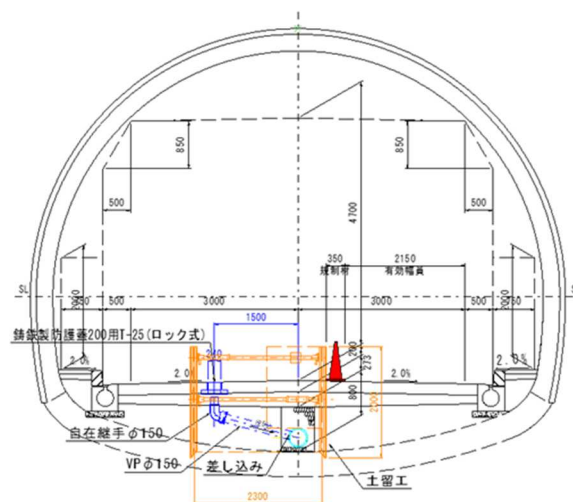


図-9 第三案 掃除孔設置断面図

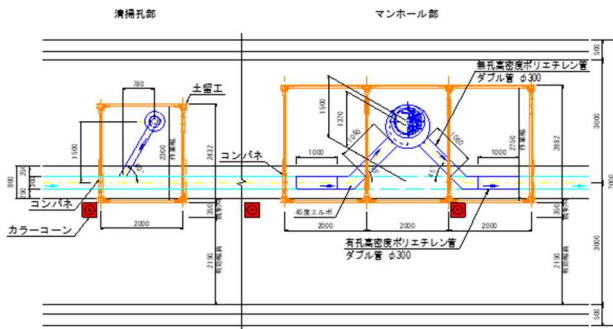


図-10 第三案 対策工法平面図

比較検討の結果、第一案と第三案については経済性においては第二案より優れるが、構造的、施工時の交通規制、施工後の補修作業において第二案より劣ることが分かった。構造的については第一案、第三案ともに既設中央排水を利用しながら、マンホール等を左車線(下り)中央に設置しているため屈曲して既設中央排水管に接続しており、中央排水管の周りに設置するフィルター材の連続性も悪く、排水の流れを阻害する可能性がある。また、施工時の交通規制、施工後の補修作業については全面通行止めまたは、大型車両通行止めにする必要があり施工性が悪い。そのため、経済性では他の2案より劣るが、構造的、施工性が良い第二案を採用することとした。

(2) 横断排水管対策工

横断排水管もメンテナンスフリーでの維持管理は困難であり、設計条件も中央排水管と同様に今後の維持管理性や施工性に考慮するため、条件の変更はせずに以下の検討を行った。

a) 第一案 水抜き孔案

覆工コンクリートに水抜き孔を空け、背面に滞留する水を路肩に設置してある既設側溝に導流する対策(図-11)

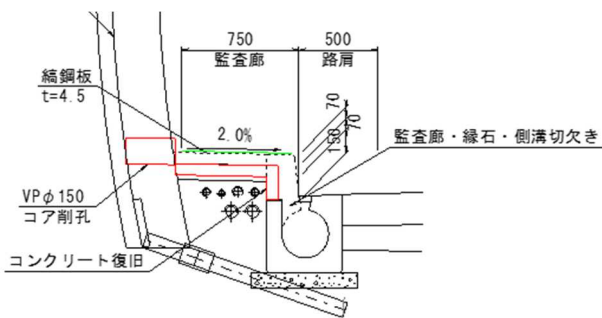


図-11 第一案 水抜き孔断面図

b) 第二案 側溝改築案

既設横断排水が設置してある位置の既設側溝をH500の集水柵に変え、底版を低くすることで横断排水から直接集水柵に導流する対策(図-12)

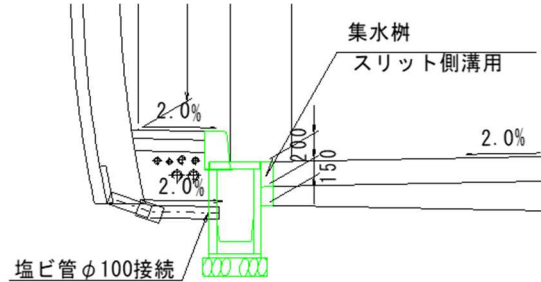


図-12 第二案 側溝改築断面図

c) 第三案 掃除孔案

路肩に掃除孔を設置し、既設横断管を直接清掃できるようにする対策(図-13)

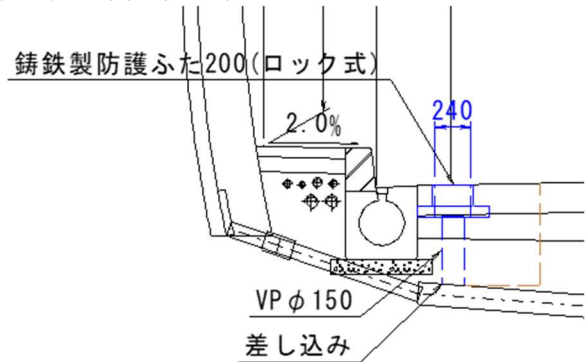


図-13 第三案 掃除孔断面図

比較検討の結果、第二案は路肩掘削を行うため、他の2案よりも施工規模が大きく、経済性が悪い。また、インバートが設置してある区間には適用できないため第一案を併用する必要がある。第三案では路肩に小型マンホール設置するため、段差を生じさせ走行性が悪くなり、施工には横断排水管の位置を特定する必要があるため施工性が良くない。他案に比べて第一案は施工が容易で、経済性も良いことから、第一案を採用することとなった。

4. おわりに

本稿を通して、鉄バクテリアによる排水設備閉塞は現状の補修工法では、メンテナンスフリーにすることは難しく、鉄バクテリアとうまく共存しながら維持管理を行わなければならないことが確認でき、今後新設が予定されるトンネルにおいては維持管理を想定した技術を取り入れていく必要があると感じた。

また、今回の補修設計による対策工は現状供用しているトンネルの鉄バクテリア対策においては有用だと考えられるが、今後、実施する当トンネルのメンテナンス工事において設計業務では想定できていなかった問題点が発生する可能性があるためブラッシュアップが必要になる。また、ブラッシュアップした結果は活用して現場に適用していく予定である。