

VII-29

環境への調和と経済性を両立させた
トンネル湧水利用道路融雪施設の設計

(株) 復建技術コンサルタント 会 員 ○工藤 光彦
同 上 非会員 鈴木 一彦
同 上 会 員 稲山 耕一

はじめに

本設計は、岩手県盛岡市玉山区～岩泉町、一般国道 455 号早坂トンネルの冬期間交通安全確保を目的としたトンネル坑口部の融雪施設計画である。トンネルは延長 3115m で盛岡側坑口付近は本州で最も低い最低気温を記録する藪川に位置しており、冬期の坑口付近の路面状況は、氷面に近い状態となる。一方、岩泉側の坑口は盛岡側に比較して気象条件は穏やかであるものの、冬期間は常時圧雪の状態となる。

その他、施設計画上の留意点を以下に述べる。

- ・ 建設地点が県立早坂自然公園内に位置するため、自然環境と調和した施設とする事。
- ・ 例えば地球温暖化防止に配慮する事。
- ・ 経済性を兼ね備えた施設計画である事。
- ・ 厳寒条件での「融雪エネルギー算定式の適用」は事例が少ないため実験で検証する。

なお現在岩手県では「岩手地球温暖化対策地域推進計画」を策定し、新エネルギーの利用を含めた「8つの対策」に取り組んでいる。

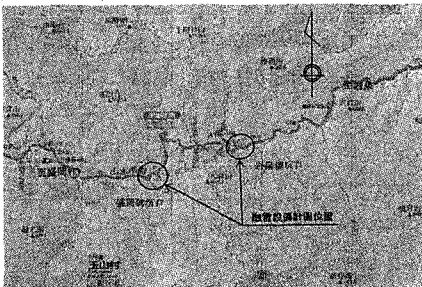


図-1 早坂道路位置図

1. 気象条件及び必要熱量の算定

融雪システム設計では、外気温度、日降雪深、時間降雪深、風速などの気象条件を基に融雪に必要なエネルギーを決定する。（表-1 参照）

本計画箇所における必要熱量は以下のとおり

盛岡側坑口（藪川）：280W/m²

岩泉側坑口：190W/m²

表-1 気象条件一覧表

項目	単位	盛岡側坑口	岩泉側坑口	備考
外気温度	℃	-13.0	-8.0	
路面温度	℃	1.0	1.0	
日降雪深	cm/日	7.38	7.38	
時間降雪深	cm/h	1.30	1.30	
風速	m/sec	2.0	2.0	
熱効率	—	0.90	0.90, 0.75	橋梁は 0.75
雪の密度	g/cm ³	0.07	0.07	

2. 融雪熱源及びシステム

融雪施設の熱源としては先ず、豊富なトンネル湧水利用を考えた。

早坂トンネルの湧水量は、過去 2 年間の観測で、平均 2000m³/日程度で安定している。水温は 10～11℃で熱源として有効である。

また、トンネルの両坑口は、県立早坂自然公園内に位置するため、自然環境に優しい融雪工法が望ましく、これらを踏まえて「湧水熱のみの融雪システム」を中心に検討した。

しかし 当該箇所が厳寒地で湧水の熱エネルギーだけでは、発生熱量が、約 120W/m²と必要量の 1/2 程度しか得られず、当該地点では熱量不足であった。

このため、湧水の不足エネルギーを補う手法を比較選定した。

2-1 システムの比較概要

当地点での融雪に必要な熱量は 280W/m²である。これに対し、湧水から得られる利用可能な熱量は約 120W/m²で、その差 160W/m²を何らかの方法で補う必要がある。

不足熱量を補完する手法としては以下の 2 案が考えられるが、機能、維持管理等の観点で比較検討を行い、採用工法を決定する事とした。

①直接加熱方式

直接放熱部に湧水を流入させ、120W/m²から 260W/m²までの不足の熱量は、湧水を直接加熱し循環させる手法である。

この手法では加熱時の回路開閉操作、加熱装置との連動性等、かなり複雑なシステムが必要となる。特に、放熱部に直接湧水が流入するため、腐食や目詰まりが懸念される。

②熱交換方式

湧水の熱量を熱交換装置により加熱装置に伝達、必要熱量を加え、放熱部は不凍液の循環により、放熱させる手法である。

この方法では、回路が単純化され、かつ、熱交換装置のみが湧水との接触部分となるため、維持管理が①と比較し有利である。

以上の理由により本システムは②の案により計画する事にした。

2-2 その他の配慮

早坂トンネルの縦断線形は、盛岡側から岩泉側に向かって下り勾配となっているため、トンネル湧水利用の場合、自然流下により下流側(岩泉側)のみのシステムとなるのが一般的である。

盛岡側も同じシステムを導入する必要性から、本計画では、トンネル非常時消火用に設置された送水管に着目し、トンネル中間部にピットを設置して、これから盛岡側に送る事とした。

火災時には融雪システムは停止し、消火専用となるが、本線は通行止めとなるため、融雪施設運用上の支障はないと判断した。

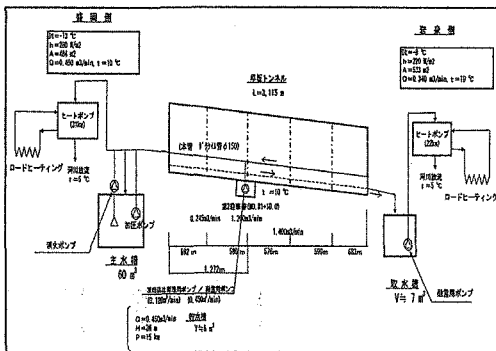


図-2 消融雪システム概要図

2-3 経済性の検証

本システムは湧水熱利用のため電力や化石エネルギー利用に比べCO2対策上、利点がある。

さらに、経済性を検証するため、厳寒地で多く採用される「電熱線システム」とLCCの視点でコスト比較した。

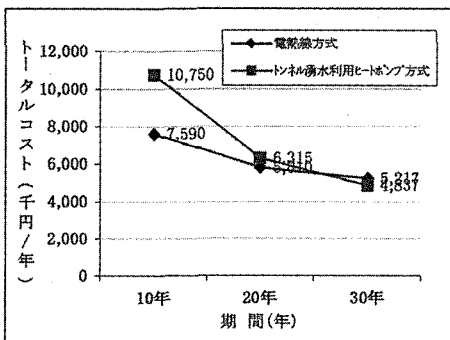


図-3 トータルコスト比較図

比較図は30年のトータルコストのグラフである。検討の結果、稼動開始25年後で本システムが経済性で優位となり、30年ではその差380千円/年となる結果が得られている。

2-4 融雪熱源の信頼性の確保

本計画での「システムの安定的、効率的な稼働」を担保するには、トンネル湧水の安定供給が不可欠であるため、渇水期となる冬期間の湧水調査を実施している。調査は1月～3月にトンネル工事区毎に分けて、「流量、水温測定」を実施し、毎分1,600Lの湧水量を得ている。

本融雪システムにおける必要湧水量は、約500L/分であり、測定結果は必要量の約3倍であることから熱源として問題のない事が確認された。

また、本システムは熱源をトンネル湧水に全面的に依存しているため、トンネル湧水が枯渇した場合機能停止となる心配もある。

本計画では、そのリスクを回避し、システムの信頼性を確実なものとするため、バックアップ機能の有無を「坑口付近の地下水調査」で実施した。その結果平均500L/分、水温12℃の地下水確保可能であり、十分な補完機能がある事を確認している。

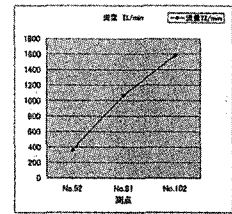
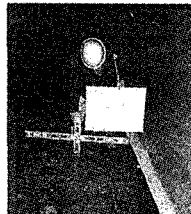


図-4 トンネル湧水状況及び観測結果

おわりに

岩手県内では、この様な峠越えの山岳トンネルが多く、利用者からは、冬季の安全性、及び速度サービスの向上が求められている。また、地球温暖化問題等の自然環境に配慮しつつも、より経済的な融雪施設の整備が必要となっている。この様な社会情勢の中にあって、本報告が今後の融雪施設計画の参考となれば幸いである。

なお、融雪施設設計上の最も大切な「気温と必要熱量の算定式」について、厳寒地での事例が十分でないため実験で検証し、別稿で述べる。

最後に、本設計にあたりまして、岩手県宮古地方振興局岩泉土木事務所よりご指導を頂きました。心より感謝いたします。

参考文献

北陸地方建設局道路部：「路面消・融雪施設等設計要領」(H12.3)