

山岳道路におけるロードヒーティングの試験施工

建設省 秋田工事任務所 ○片寄 敏

栗原宗雄

山影 誠

1. まえがき

積雪寒冷地域では、冬期間の交通確保については多大の労苦を注いでいる処であるが、現在当所で改良工事と実施している一般国道46号仙岩道路も、奥羽山脈を横断する道路で多雪寒冷の地域であり、特に改良担当区間16.2 Kmのうち約7 Km区間には、2544 mの長大な仙岩トンネルを含む8本(延長4.9 Km)のトンネルが連続するため、明り部分はトンネルで短かく寸断され、短い明りは橋梁となっているという道路構造である。このため、積雪期には、トンネル内の無雪路面と圧雪または凍結した明り路面とのくり返しとなり、短時間に路面状況が急変し、下り勾配で曲線部に当る場合は特に走行上不安定な状態となる事が予想される。また、トンネル内に吹き込まれる雪及び坑口の機械除雪も、明りが断続して非常に困難なものとなる。これらの問題を解消して冬期の安全な交通を確保するために融雪施設を計画し、その一部として電熱式ロードヒーティングによる融雪試験を実施したものである。

2. 試験の目的

融雪施設を計画するにあたって最悪の条件で常時無雪の状態とすれば最も安全ではあるが、一般に使用されている加熱容量の決定式を用いて当地の気象条件で計算すると、700 W/m²という大きな容量となり、施設費、維持費ともに非常に大きなものとなる。特に維持費は長年に亘り継続して必要となるので、融雪サービスレベルをどうするか、如何にして維持費の低減を図るかが問題となり、当所ではサービスレベルを次のように考えた場合の所要加熱容量の決定、維持費の推定と問題点とを把握するために試験施工を実施したものである。

- イ. 融雪施設での完全除雪は考えない。(交通に支障のない程度の融雪レベルでよい。)
- ロ. 路面凍結はさせない。(危険防止上から絶体的なものである。)
- ハ. 設備容量以上の気象条件の場合、および吹溜り等に対しては機械除雪で処理する。

3. 試験要領

試験の対象としては種々の制約もあり表-1に示す橋梁および道路の一部を選び(1)~(4)の項目につき試験と実施した。これ等の試験箇所毎の電熱線容量の割付および埋設状況、測点位置等は図-1~図-2に示すとおりで各電熱線容量に対する融雪状況の比較が得られるよう配慮した。

表-1 試験箇所毎電熱線容量一覧表

試験箇所	期間	延長 m	巾 m	面積 m ²	舗装 種別	断熱板有		断熱板無		枝 柱		備 考
						250 W/m ²	300 W/m ²	0 W/m ²	250 W/m ²	300 W/m ²	350 W/m ²	
樹海橋	48 12 ~ 49 3	23	8.6	197.8	A5	○	○	○	—	○	○	橋高約 4.33 m
道 路	〃	50	3.5	175	C0	○	—	○	○	○	○	パーキングエリア利用 橋高 4.19 m

- (1) 気象観測 (2) 通電時間 (3) 融雪効果 (4) 舗装内温度分布

図-1 測点割付平面図

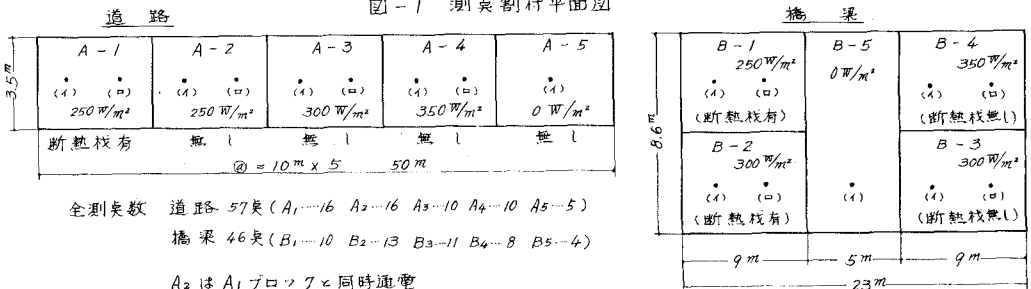
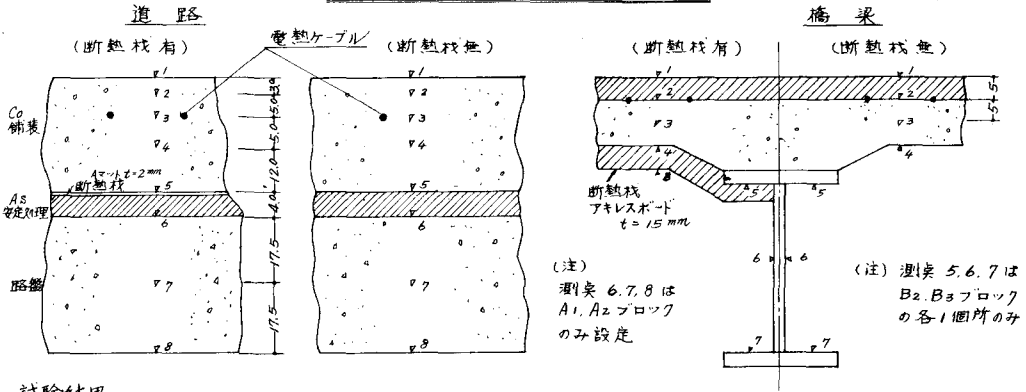


図-2 電熱線埋設状況及び測定図



4. 試験結果

(1) 気象観測 48年度は例年にない豪雪に見舞われたが、表-2に試験区間の月別観測結果を示す。

表-2 月別気象観測表

観測月	12月	1月	2月	3月	平均	計	備考
平均最低気温	-6.03℃	-6.72℃	-6.96℃	-5.37℃	-6.27℃	—	
平均風速	2.9 m/sec	4.0 m/sec	3.4 m/sec	3.0 m/sec	3.3 m/sec	—	
平均降雪量	316 cm	114 cm	281 cm	213 cm	—	924 cm	
降雪日数	27日	18日	16日	17日	—	78日	

(2) 通電時間 (通電日当り平均時間)

このような気象条件の中で各対象区間の通電時間を調査した結果は表-3、表-4のとおりで単位面積当り日消費電力の最も少ないものは道路では250W断熱材有(A-1ブロック)、橋梁については300W断熱材有(B-2ブロック)で両方とも断熱材有が少ない事を示した。

これは断熱材のあるものは通電により舗装内の温度上昇特性が良い事がその主な原因と考えられる。橋梁では道路に比べて時間が多いのは前後取付道路除雪の際に雪が持ち込まれたため降雪のない時でも水分を検知して通電された事が原因で、今後試験区間の選定上留意すべきであり、試験区間の前後、各40~50m間もヒーティングする等の処置が必要と思われる。道路の部分については工事用車の通行しはパーキングエリアを利用しなため、橋の床の問題はなかったが、ヒーティング制御のための路面温度感知部と交通車輛による破壊の害を防ぐため舗装内に埋設して、ある時々の路面温度との相関により間接的に路面温度と推定する方式であったため、外気温が高くなり路面温度が5℃~8℃になっている時期にも通電される結果となり、制御方法の改良が必要であるがこれを通電時間の推定資料として見ると、降雪日当り平均通電時間は6~7時間であり、路面温度感知方法と改善すれば6時間程度の通電で十分と思われる。

表-3 道路の日平均通電時間、消費電力

測区別	12月	1月	2月	3月	平均	単位面積当り日平均消費電力	総消費電力
A-1 250W 断熱材有	4.84	9.51	5.78	4.7	6.2	1.55 kW/㎡	135.91 kWh
A-2 250W 無	"	"	"	"	"	"	"
A-3 300W 無	5.72	10.38	7.39	4.64	7.03	2.11 "	183.41 "
A-4 350W 無	7.24	9.95	6.19	4.25	6.9	2.41 "	197.14 "

表-4 橋梁の日平均通電時間、消費電力

測区別	12月	1月	2月	3月	平均	単位面積当り日平均消費電力	総消費電力
B-1 250W 断熱材有	16.45	16.82	15.36	7.57	14.05	3.51 kW/㎡	251.39 kWh
B-2 300W 有	3.04	9.46	10.44	9.65	8.27	2.48 "	214.16 "
B-3 300W 無	6.08	14.49	14.38	5.37	10.08	3.38 "	274.33 "
B-4 350W 無	9.66	12.98	11.03	11.49	11.29	3.53 "	318.37 "

(3) 融雪効果

融雪効果については、実際降雪時について調査期間中10回程度、気象条件と併せて路面残雪量及び残雪の状

況(雪状、ジヤム状、融雪等)を写真記録するとともに総合的に観察判断したもので、その代表的な一例を示すと表-5、表-6のとおりである。

(1)橋の場合は降雪量 6.5 cm/2hr 程度では加熱容量 350 W の区間を除き残雪を生ずるが舗装面との境は融解しており、2時間程度で融雪されるので実用上は全てについて支障ないものと思われた。なおこのほか交通車輛があると融雪効果は更に促進される事は明らかであり、断熱枚を使用すれば 250 W でも十分に推測された。

(2)道路の場合は橋の調査日と同一日に橋より30分遅れの時刻で調査したものであるが、同一加熱容量では道路の方が融雪効果が良い事を示している。特に気象条件としても今冬は例年に比較して2倍程度の豪雪であったにもかかわらず、調査期間中を通じて交通の支障となるような状態になった箇所のない事から考えて加熱容量は 250 W で十分期待できるものと思われる。

(4) 舗装内温度分布(断熱枚の使用効果)

加熱容量低減の一手法としての断熱枚の使用効果を検討するために舗装内の温度分布を測定したが、測定の結果は、現場施工のために温度検知部の埋設深さ等を各ブロック同一条件に出来なかったためと思われるが、ブロック間での変動が大きくて定量的に明らかにすることは出来なかったが、同一加熱容量での断熱枚の有無による比較から見た傾向としては次の様な事が明らかとなった。橋梁の場合には、床版下面では大きな温度差はないが、舗装内温度は断熱枚をつけた場合は明らかに高くなり、断熱枚の使用効果が大きい。道路では、As 安定処理アの上下の温度差が、断熱枚有の場合に大きく、地中温度の高い(7°C 程度)ときには舗装内温度は大差ないが、地中温度が低く(3°C 程度)になると断熱枚の無い箇所は舗装内温度も地中温度程度にしか上らないが、断熱枚使用箇所での舗装内温度は、地中温度の高いときと同程度まで上昇する。

以上の傾向と前述の通电時間及び融雪効果等を総合的に考えると、橋の場合は勿論、道路部においても断熱枚の使用は、加熱容量の低減、ひいては維持費の低減に有効な手段であるといえる。

5. あとがき

今回の調査で、多雪寒冷な山岳地域でも道路部では 250 W/m^2 程度で実用上支障のない程度の融雪効果が期待出来ること、道路部でのヒーテングにおいても断熱枚の使用を考慮すべきこと、橋梁においては断熱枚の使用効果が非常に大きく、断熱枚を使用することで道路と同様 250 W/m^2 程度で実用上支障のないことが判明したが、路面温度感知方式の改良、吹溜り等による過検出の問題の処理及び断熱枚使用による効果の定量的解明と断熱枚の選択基準の決定等なお検討すべき問題が多いので今後とも経済効果の高いヒーテングシステムとするため努力したいと考えている。

表-5 橋梁の融雪状況

時刻	16-00	17-00	18-00	19-00	20-00	備考
気温($^{\circ}\text{C}$)	-4.0	-5.0	-5.0	-5.0	-5.5	
風速(m/s)	6.0	6.0	4.0	4.0	5.0	
降雪量	4.5 cm/2hr	6.5 cm/2hr	0.5 cm/2hr	0.5 cm/2hr	0	
加熱容量	路面状況					
350 W	湿 潤	一部ジヤム状で残雪	湿 潤	湿 潤	湿 潤	交通有
300 W	湿 潤	残 雪	一部ジヤム状で残雪	少量ジヤム状で残雪	湿 潤	交通無
250 W	湿 潤	残 雪	一部ジヤム状で残雪	少量ジヤム状で残雪	湿 潤	交通無
断熱枚有	湿 潤	残 雪	湿 潤	湿 潤	湿 潤	交通無

表-6 道路の融雪状況 (2月9日)

時刻	16-30	17-30	18-30	19-30	20-30	備考
気温($^{\circ}\text{C}$)	-4.0	-4.5	-4.5	-4.5	-5.0	
風速(m/s)	6.5	4.5	3.0	3.0	3.0	
降雪量	6.5 cm/2hr	0.5 cm/2hr	0.5 cm/2hr	0.5 cm/2hr	0	
加熱容量	路面状況					
350 W	湿 潤	湿 潤	湿 潤	湿 潤	湿 潤	交通無
300 W	湿 潤	湿 潤	湿 潤	湿 潤	湿 潤	交通無
250 W	湿 潤	少量ジヤム状で残雪	湿 潤	湿 潤	湿 潤	交通無
断熱枚有	湿 潤	残 雪	少量ジヤム状で残雪	湿 潤	湿 潤	交通無