

ロードヒーティング用電熱線の性能試験

佐山惣吾、西川泰則、三浦健一（北海道工業開発試験所）
須藤昌義、酒井好夫（榊フジイ）、田中邦雄（榊帝人）

1. 緒言

電力によるロードヒーティング用の電熱線はニクロム線が一般的である。その他カーボン発熱体の一部が使われているが、ロードヒーティング単位面積当りの電力が同一であっても、電熱線の種類が異なると融雪効果にも相異がみられることがユーザーより指摘された。そのため上記2種の電熱線の他にもう1種の合計3種類の電熱線を用いコンクリートブロックに埋め込み、恒温槽中 -1°C 及び -5°C でその伝熱特性を比較した。その結果に基づき理論的解析を行った。

2. 供試電熱線

Joule's Law (1840) により、電熱線の発熱量 (cal) は(1)式により決まる。

$$Q = 0.24 I^2 \cdot R \cdot t = 0.24 (W) \text{ ----- (1)}$$

すなわち電熱線が異なっても W/m^2 が一定ならば、ロードヒーティングの性能に大差は無いといえる。これを確認するために次の3種の電熱線を実験に供した。それらは①ニクロム線： $0.5\text{mm}\phi$ 7本の燃り線（全 $1.5\text{mm}\phi$ ）に 0.7mm と 1.2mm の2重の被覆線（全 $5.3\text{mm}\phi$ ）、②カーボン発熱体：カーボン粉とプラスチックの成形棒（ $6\text{mm}\phi$ ）に 1.5mm の被覆線（全 $9\text{mm}\phi$ ）、③ブレード発熱体： $0.01\text{mm}\phi$ のステンレス線とアラミド繊維を混紡したものを $5\text{mm}\phi$ のプラスチック棒に巻付け 0.5mm の被覆線（全 $6\text{mm}\phi$ ）。

3. 電熱線空中加熱試験

2. で述べた3種の発熱線 1m を空中（室温約 15°C ）に水平に張り、各線とも $12\text{W}/\text{m}$ の同一の電力を供給しそれらの表面温度を測定した。なを各電熱線の抵抗値（ Ω/m ）は、ニクロム 0.372 、カーボン 560 、ブレード 858 であった。温度測定は次の2点で行った。それらは①被覆線表面②裸線表面、すなわち被覆を削り取った表面。その結果をTable. 1に示す。この結果によると、ニクロム線の被覆による温度差（ ΔT ）は非常に大きい。

4. ΔT のモデル計算

電熱線の半径を裸線 r_2 と被覆線 r_1 とすると、裸線の表面温度 T_1 と被覆線の表面温度 T_2 の差 ΔT と供線電力（ Q ）の関係は(2)式によって示される¹⁾。

$$Q = \frac{2\pi\lambda}{\ln(r_2/r_1)} \cdot \Delta T \text{ ----- (2)}$$

(2)式に一定供給電力 $12\text{W}/\text{m}$ 一定とし、被覆材の $\lambda = 0.3\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ とした場合の計算で得られた理論値を $\Delta T'$ としてTable. 1表中に併せて示した。この結果、実測値と理論値は良く一致していることが分かる。

5. 融雪ブロックの恒温槽試験

ブロックの構造は、コンクリート製30cm角、厚さ5cm、下部2cm発泡ポリスチレン張りの全厚さ7cm。コンクリートの厚さ方向の中心部（表面より深さ方向2.5cm）に各種電熱線を埋め込んだ。すなわち①抵抗値の小さいニクロム線は全長2m、ピッチ5cm、②カーボン線及び③ブレード線は全長1m、ピッチ10cm。なお温度測定は、ブロック中心、ブロック表面及び裏面で行った。恒温槽温度は-1℃及び-5℃とし、通電5h後の温度をTable.2に示した。この場合供給電力は18W/0.09m²（200W/m²）一定とした。この結果表面温度が最も高かったものは③ブレードで、つぎは②カーボン、最も低かったのは①ニクロムで、③と①の温度差は約3℃に達した。

6. 考察と結論

Joule's Law に従えば、同一構造の融雪ブロックに、同一方法で電熱線を埋め込んで通電した場合、Joule 熱は同一であることにより、ブロック表面温度も同一であるということが通念であった。しかしながらこのように電熱線の種類が異なると、同一供給電力がありながらブロック表面温度に約3℃もの相異がみられた。

理論的な検討により次のことが明らかになった。

- ①電熱線の固有抵抗値が低いと、当然裸線径は細くなる。
- ②裸線径が細いと、当然ながら同一電力で裸線の表面温度は高くなる。
- ③裸線の温度が高いほど、被覆厚さも当然厚くなる。
- ④電熱線の固有抵抗値が高いと、裸線径は太くなる。
- ⑤裸線径が太くなると、同一電力で裸線の表面温度は低くなる。
- ⑥裸線の表面温度が低いと、被覆厚さも薄くすることができよう。
- ⑦被覆厚さが薄くなると、被覆材料による温度低下が小さくなる。
- ⑧計算の結果被覆材料の厚さによる電熱線表面温度に与える影響は非常に大きいことが明らかになった。
- ⑨電熱線表面温度が低くなると、ブロック表面温度もほぼ同値で低下する。
- ⑩同一電力を供給する場合、電熱線は太いほど、被覆は薄いほど熱的に有利である。

参考文献 1) 甲藤吉郎：伝熱概論、育賢堂

Table 1 Surface temperature (°C) of heating elements stretched in air.

element	surface temp.		ΔT	
	bared	insulated	measured	calculated
Nichrome	34.7	26.7	8.0	8.1
Carbon	26.2	24.2	2.0	2.5
Blade	21.7	21.2	0.7	1.2

Table 2 Temperature (°C) of concrete blocks heated at a constant current 200W/m² in an isotherm chamber.

element	chamber temp. -1		chamber temp. -5	
	inner	surface	inner	surface
Nichrome	11.5	8.5	9.1	6.6
Carbon	13.8	10.8	11.2	8.9
Blade	17.8	13.0	15.2	10.6