

II-29

アルミ棒を利用した地熱エネルギー抽出による路面凍結緩和

富山県庁 正員 笹谷茂雄
福井大学工学部 正員 福原輝幸
福井県庁 正員 宮本重信
福井県庁 正員 田中秀樹

1. はじめに

豪雪地帯に限らず積雪は人々の日常生活に大きな支障をもたらす。その1つにまず交通障害が挙げられる。この原因は道路の積雪のみならず凍結によるところも大きい。スパイクタイヤが規制され、ますます冬期の道路管理が重要になる将来に向けて、路面凍結の防止に対する新たな方法の確立が早急に望まれる。

そこで、本研究では福井のような暖冬積雪地域を対象とした路面凍結緩和法の開発の一貫として、金属棒埋設法を提案する。これは金属（アルミ）棒を介して地熱を路面まで伝達する方法であり、その融雪および融水能力について現時点までに得られた結果を報告する。

2. 実験装置と方法

2.1 室内実験 実験装置の概略

はFig. 1のとおりである。土は福井県宮崎村の小曾原土、コンクリートは普通コンクリート、金属棒はアルミを使用し、実験前にそれぞれの熱伝導率を測定した（結果、小曾原土：0.32(Kcal/m·h·℃)、普通コンクリート：1.32、アルミ棒：190.8）。コン

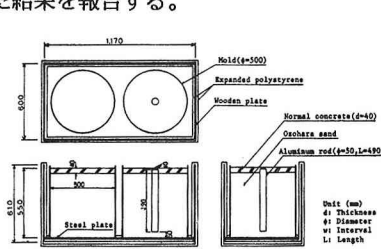


Fig.1 Indoor experimental facilities

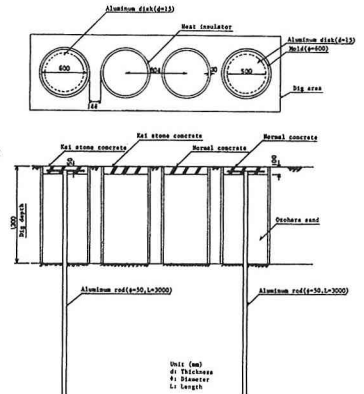


Fig.2 Field experimental facilities

リートおよび土内部の温度測定のためにT型熱電対が半径方向に5箇所、深さ方向に6列の計30本埋め込まれた。まず、自然対流下の伝熱実験について説明する。室温および実験装置内部が一様な温度（底部を循環する水温）に達した時点で装置全体を断熱し、室温を0℃に下げる。その後室温が一定になったのを確認して断熱を解き、温度計測を開始した。次に、氷の融解実験について説明する。低温室の温度を-5℃で約20時間一定に保ち、コンクリートおよび土が十分冷えてから、大きさ30cmx30cm、厚さ約2cmの氷を金属棒の有る方と無い方のコンクリート上にそれぞれ置く。その後、室温を0℃以下の範囲で変化させ（理由は下方から伝達される熱エネルギーのみに注目するため）、2時間毎に氷の融解量、コンクリートおよび土内部の温度分布を求めた。

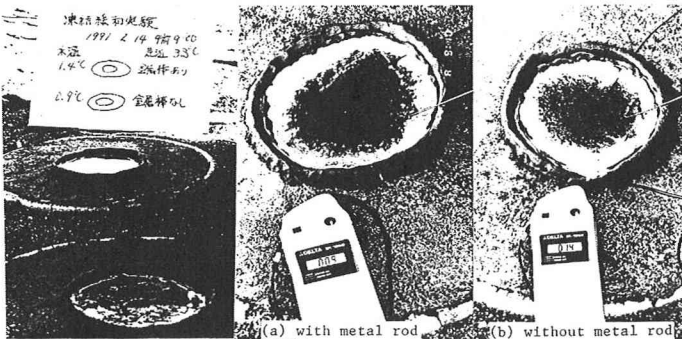


Photo.2 Comparison of water temperature mixed with ice

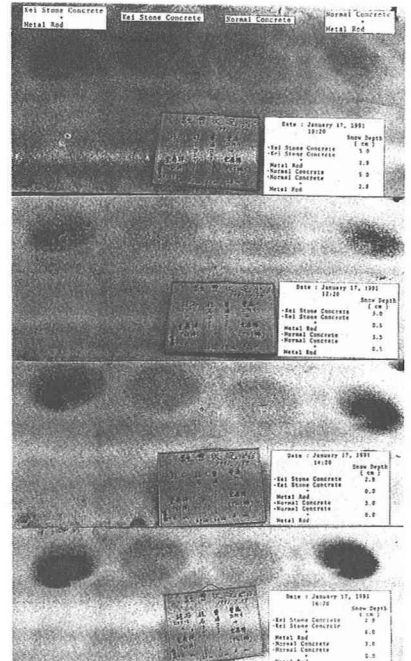


Photo.1 Melting process of snow

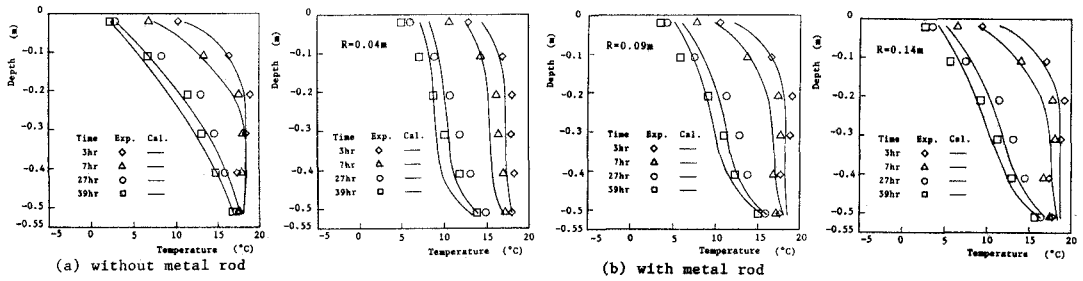


Fig.3 Temperature profile in concrete and soil

2.2 室外実験 福井県雪害センター敷地内（福井市）においてFig. 2に示すようなアルミ棒（直径 $\phi=0.05\text{m}$ 、長さ $L=3\text{m}$ ）を地中に埋設し、自然条件下での積雪深の経時変化およびコンクリート上の水に氷が張ったときの水温を測定した。この実験の目的はアルミ棒のみならず熱伝導率のよい珪石コンクリート（普通コンクリートのその1.7倍）が融雪および融解にいかに関与するかを知ることにある。

3. 実験結果およびその考察

Photo. 1は1991年1月17日の融雪状況を撮影したものであり、午前10時40分にはアルミ棒を有する普通および珪石コンクリート上の積雪深は3cm、無い場合のそれは5cmであった。2時間後に前者はほぼ融雪が完了しているのに対して、後者はなお雪が残っている。アルミ棒の影響は明白であるが、珪石コンクリートの効果は認められない。Photo. 2は1991年2月14日（最低気温：午前6時で -1°C ）の融氷水温度を示したものであり、アルミ棒の有無で 0.5°C の違いがある。

次に、室内実験結果について述べる。Fig. 3は金属棒の無い場合と有る場合の温度の鉛直分布であり、後者では金属棒からの半径方向距離 R をパラメータとしている。計算値と実験値は表面付近で僅かな隙はあるが、全体的には良好に一致している。アルミ棒の高い熱伝導性は $R=0$ でのコンクリート温度に約 3°C の違いを生むが、 $R/(\phi/2) > 5$ では認められない。この解析の目的の1つはコンクリートと空気間の熱伝達率 h_a を決定することであり、自然対流の h_a として $5.3(\text{Kcal}/\text{m}^2/\text{hr})$ を選んだ。なお計算には積分有限差分法（4角形要素法）を使用した。

水の融解実験に関する実験結果と解析結果をFig. 4およびFig. 5にそれぞれ示す。実験は土およびコンクリートが十分冷えた（定常）状態から始めたため、Fig. 4の温度分布は計算値および実験値とも概ね一致しているが、時間的にほとんど変化が見られない。Fig. 5は積算融解量の経時変化を表す。図中には室温の変化も併示している。アルミ棒の無い方は全く融解しないが、有る方は室温の上昇と共に実験開始から3~4時間後に急速に融解し始め、室温が再び下がるのに伴って融解は停止する。融解の開始時間および融解量とも計算結果は実験結果を良好に再現している。ただし氷板とコンクリートは全面にわたり接触していないため、接触面積率（接触面積／全面積）の実測値を考慮して伝熱計算を行なった。

4. 結論

金属棒埋設法は暖冬積雪地域の路面凍結防止に有効であることが期待される。今後さらに室外実験を行ない、本法の適用性を検討する。

最後に、本研究は文部省科学研究費（試験研究B(1)）の補助を受けて行なわれた。記して謝意を表します。

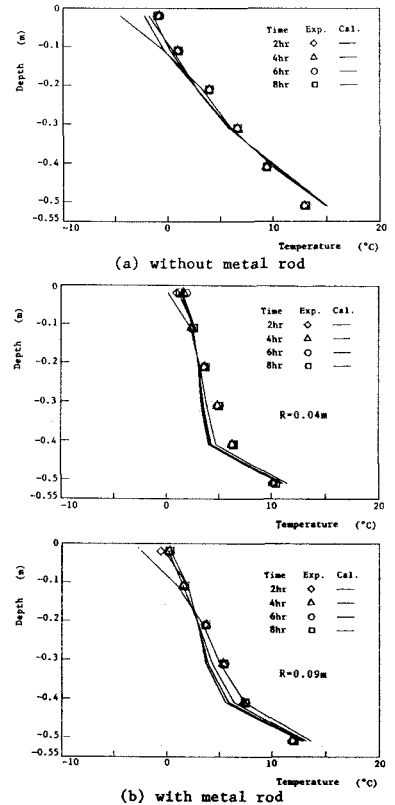


Fig.4 Temperature profile in concrete and soil

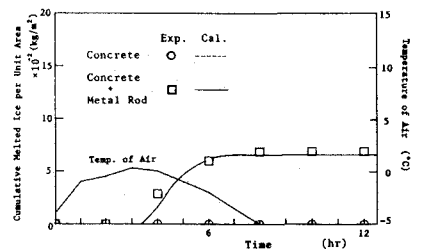


Fig.5 Melting process of ice on concrete