

凍上抑制を目的とした断熱ブロックの開発について

北海道工業大学大学院 学生会員 ○橋本 良祐

北海道工業大学 正会員 川端伸一郎

北海道工業大学 正会員 亀山 修一

北海道工業大学 正会員 石田 眞二

1. はじめに

寒冷地における歩道の凍上対策として、近年、路盤厚を増加させることや断熱材による断熱工法などが試行的に検討され始めている¹⁾。このような取り組みは、交通バリアフリー法の施行などに伴って、歩道に要求される性能が向上してきたことを意味している。

歩道部は、車道部に比較すると構造的な制約も少なく、種々の観点から凍上対策工法を検討することが可能であると考えられる。

そこで本研究は、試行的にインターロッキングブロック（以下、ILB と称する）に断熱機能を付加した場合に想定される問題点について考察した。

2. 実験材料と実験方法

ILB 舗装は、表層部の施工に転圧を必要とせず、部分的な改修が容易に行える利点がある。さらに、カラーデザインも豊富なことから、仮に部分的に断熱性能を付加したブロックを施工した場合には、管理上も容易に対策箇所を意識することが可能となる。

本研究で用いた実験材料および実験方法を表 - 1 に示す。本研究では ILB と断熱材を簡易的に接着させた供試体（以下、断熱 ILB と称す）を作成した。用いた ILB は、不透水性の ILB（普通 ILB と称す）と透水性の ILB（透水性 ILB）の 2 種類である。また、用いた断熱材は、市販の XPS（押出発泡ポリスチレンフォーム）であり、不透水性である。このため、透水性 ILB と断熱材の組み合わせで断熱 ILB を作成すると、ILB は不透水性となる。

凍上抑制の観点から考えると、舗装内の含水比を上げるとは危険側になるため、透水性の舗装材を用いることは、あまり好ましくはない。ただし、検討段階では、逆に危険側の条件で実験を行うことが効果的であると考えた。

そこで、透水性 ILB の透水係数を表 - 1 に示すような

キーワード：凍上、ILB、透水係数、凍結深さ

連絡先 北海道工業大学 〒006-8585 札幌市手稲区前田 7 条 15 丁目 4-1

表 - 1 実験方法の一覧

実験材料	断熱材	仕様	XPS押出法ポリスチレンフォーム
		厚さ	2.5cm
	透水性ILB	寸法	19.7cm×9.7cm×6.0cm
	普通ILB	寸法	19.7cm×14.7cm×6.0cm
	断熱ILB	仕様	断熱材(XPS)とILBを接着したもの
		寸法	19.7cm×9.7cm×8.5cm
透水試験	通水孔加工断熱材	試験条件	JASS7m-101による定水位透水試験
		孔径	1.5mm～3.0mm
		孔数	1～5孔
断熱評価試験	実験土槽	温度条件	土槽表面の温度-4
		土槽寸法	100cm×20cm×55cm
	擬似路盤	構造	4層構造・一層10cm
		粒径	0.075～2.0mm
		密度	最大乾燥密度(1.96g/cm ³)
	センサー	種類	サーミスタセンサー
		設置箇所	各層において中心軸および中心軸から左右25cmの3箇所に埋設

定水位透水試験によって求め、その透水係数を目標値として、ILB と接着した断熱材に通水孔を設けた。さらに、より排水性能の高い ILB を想定し、断熱材に通水孔径と孔数を変えた各種の条件を設定し、断熱材のみで透水係数を求めた（表 - 1）。このような通水孔は、断熱面積を減少させ断熱性能を低下させる要因となる。

次に、断熱性能の評価として実験土槽による凍結実験を行った。この実験では、通水孔や ILB 間の目地による断熱の不連続性が断熱性能に与える影響を明らかにする目的がある。実験土槽は、絶乾状態の砂を最大乾燥密度になるよう締固め、厚さ 40cm の擬似路盤を作成した。路盤内には土槽中心軸および中心軸から左右 25cm の位置に深度方向に温度センサーが埋設してある。凍結は、擬似路盤の表面温度が -4 になるよう管理した。なお、この温度条件は事前の予備実験により、土槽内に凍結線（0 位置）が停止する条件として定めた。中心軸および左右軸に埋設したセンサーは、本実験が一

次元凍結を再現しているかを確認するために用いており、予備実験により水平な凍結面が得られることが確認されている。この擬似路盤上に通水孔などを加工した断熱材を配置することにより、その影響を明らかにすることとした。

3. 結果と考察

本実験で用いた透水性 ILB の透水係数は、 $6.8 \times 10^{-4} (\text{cm/s})$ であった。この ILB に通水孔を設けた断熱材を接着し透水係数を求めたところ、最小孔径の 1.5mm 孔径で $6.8 \times 10^{-4} (\text{cm/s})$ を満足する結果を得た。したがって、本研究で作成した断熱ブロックについては極めて軽微な加工で目標となる透水性を確保できることが確認された。

しかし、現在市販されている透水性 ILB の中には、今回の実験に用いた ILB 以上の透水係数を有するものがある。そこで、最も透水性の高い ILB ($1 \times 10^{-2} (\text{cm/s})$ オーダー) を目標とし、断熱材に種々の通水孔を設け透水性を検討した。通水孔の数は 1~5 孔とし、孔径は 1.5mm~3.0mm と定めた。なお、通水孔の配列は ILB の断面に対し均等な配置とした。図-1 は、孔径別の通水面積（孔径と孔数による面積）と透水係数の関係である。2.0mm 以上の孔径では、孔径に関わらず通水面積に応じて透水係数が増加し、通水孔面積が 10mm^2 （全断面面積 $200\text{mm} \times 100\text{mm}$ に対して 0.05% の面積率）程度で目標とする透水係数である $1 \times 10^{-2} (\text{cm/s})$ を満たしていた。これに対し、孔径 1.5mm では、他の孔径でみられた傾向と異なり、低い透水係数を示している。これは、1.5mm 程度の通水孔では、動水抵抗が大きいために生じた結果であると考えられる。本結果から、1.5mm 径で目標とする透水係数を定めた場合、 18mm^2 （0.10% の面積率）以上の面積を必要とし、他の孔径よりも通水面積（非断熱面積）が広く必要となる。したがって、断熱性能の面から考えると、通水孔は 2.0mm 以上の孔径であることが理想的である。

図-2 は、1.5mm 孔径で、透水係数 $1 \times 10^{-2} (\text{cm/s})$ を満たす孔数に断熱材を加工した場合（孔面積が全断面面積に対して 0.10% に相当、断熱面積率 99.9%）、および未加工の断熱材の場合（断熱面積 100%）、未断熱の場合（断熱面積 0%）の凍結深さである。基準となる未断熱の凍結深さは 25cm であり、未断熱を 1 とすると、断熱率 100% では 0.6（凍結深さ 15cm）、断熱率 99.9% で 0.7（凍結深さ 18cm）の凍結抑制効果となる。したがって、

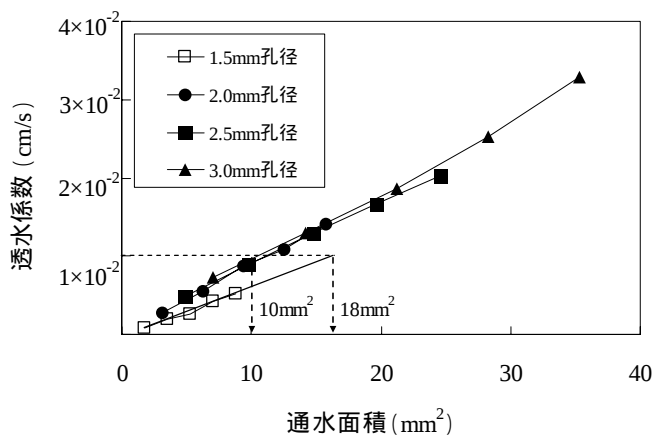


図-1 孔径別の通水面積と透水係数の関係

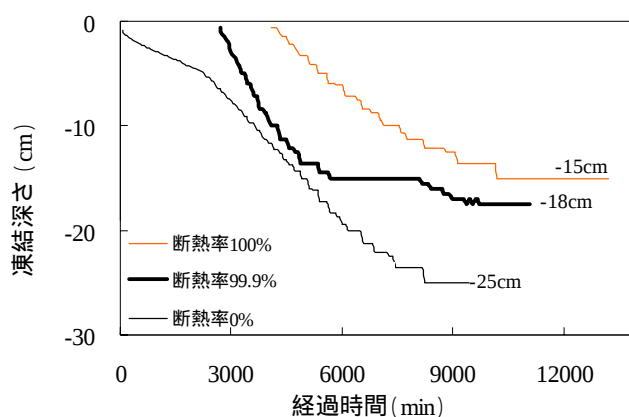


図-2 断熱率の違いによる凍結深さ

本実験結果からは、透水性を維持するために設けた通水孔により、1割程度の断熱性能が低下したことになる。現段階では 1 パターンのみの実験であるが、今後は目地による非断熱面積の増加などを考慮し、断熱面積と断熱性能の関係を実験的に明らかにする予定である。

4. まとめ

本研究は、ILB に断熱機能を付加した場合に想定される問題点について考察した。結果は以下の通りである。

- 1) 透水性 ILB の透水係数を維持するために設ける通水孔は、1.5mm 径で目標とする透水係数を定めた場合、他の孔径よりも通水面積（非断熱面積）が広く必要となる。
- 2) 透水性を維持するために設けた通水孔（1.5mm 孔径）により、1割程度の断熱性能が低下することが明らかとなった。

参考文献

- 1) 久保裕一・岳本秀人・布施浩司：積雪寒冷地における歩道部の凍上対策について。第 19 回寒地技術シンポジウム寒地技術論文・報告集，Vol.19，pp.173~180，2003。