

凍上抑制を目的とした断熱ブロックの開発について(第2報)

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

近年、交通バリアフリー法により「バリアフリー」や「ユニバーサルデザイン」といった考えが、都市開発の制度に取り入れられ、歩道にもより高い性能が求められるようになってきた。しかし、北海道のような寒冷地では、歩道の凍上対策が不十分であるため、一部の地域では、歩道部に多くのクラックや表層剥離などの凍上被害が確認され、維持管理上の問題にもなっている。

そこで本研究は、凍上被害を受けた歩道の改修および安価な凍上対策として断熱工法に着目し、試行的にILブロックに断熱性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ものである。

2. 実験材料と実験方法

本研究で用いた実験材料および実験方法を表-1に示す。本研究で想定した断熱ILブロックとは、通常のILブロックに断熱材を簡易的に接着させたものである。バリアフリーの観点から歩道には、雨水を円滑に処理する性能が要求される。この要求に対しては透水性ILブロックが該当するため、過去の研究により、不透水性である断熱材に通水孔を設け、透水性保持に最低限必要となる条件を明らかにしている。この検討により、通水孔の孔径を1.5mm以下に設定した場合、動水抵抗が大きくなり、通水面積が広く必要となることが明らかになっている¹⁾。

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ILブロック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。実験土槽には、絶乾状態の砂を最大乾燥密度になるよう締め、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

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
断熱ILブロック	仕様	断熱材(XPS)とILブロックを接着したもの
	寸法	19.7cm×9.7cm×8.5cm
断熱評価試験(凍結実験)		
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

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を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し、各種条件で凍結実験を実施した。

表-2は、凍結実験における通水孔と目地の設定条件である。通水孔は、断熱材に通水孔を設け、2種類の孔径で実験した。なお、通水孔の各孔径と孔数は、透水性ILブロックの透水係数の目標値である $1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ になる条件である¹⁾。両通水孔条件とも、得られる透水係数は同値であるが、前述したように1.5mm径の場合は、通水面積すなわち非断熱面積が大きく必要になる。通水孔の加工により、減少する断熱面積は、土槽断面を100%とした場合の断熱面積率として表し、以降の説明で用いている。目地条件も同様に、目地による断熱の不連続性を評価するため、1.0mmと2.0mmの目地条件で実験を実施した。

キーワード 凍上 断熱工法 ILブロック 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

この場合の目地による断熱面積の減少も通水孔同様に断熱面積率として表した。

なお、各試験の名称は、通水孔を W、目地を J とし、孔径及び目地幅と統合して、表 - 2 に示す名称としている。

3. 結果と考察

図 - 1 に各試験の凍結深さの経時変化を示す。同図において凍結深さが最小となるものは、擬似路盤上面に対し全面に断熱材を敷設した全面断熱条件であり、これが一般的な断熱工法に相当する。および凍結深さが最大になるものが未断熱条件である。これらが本検討における断熱効果の最大値および最小値となる。同図から凍結深さは、断熱面積率の減少(断熱面積率 W-3 > W-1.5 > J-1 > J-2) に応じて凍結が深部に達するという傾向が明らかである。また、通水孔(W)と目地(J)の凍結深さの進行過程は大きく異なり、目地による断熱効果の低下が著しい。目地条件は、未断熱条件と比べると凍結初期(3日程度まで)の凍結進行過程に違いが見られるものの、その後の凍結進行速度に差異は無く、最終的な凍結深さは等しくなっている。また、このような凍結の時間遅れは、目地幅の違いによっても確認され、J-1 と J-2 を比較すると、目地幅の狭い J-1 の時間遅れが顕著である。ただし、凍結の時間遅れは、最終の凍結深さには、影響を与えていない。

表 - 3 は、凍結試験の結果一覧である。なお、凍結率とは、未断熱条件(最大凍結条件)の凍結深さを100%とした場合の各試験における凍結深さの比である。凍結率は、全面断熱で 34% であり、通水孔により 44% まで増加している。この凍結率の増加は、断熱面積の 0.1% (W-1.5 の断熱面積率 99.9%) の変化に起因しており、凍結深さが断熱面積に極めて敏感に反応することが分かる。さらに、目地条件でみられるように、断熱面積が 1% 程度 (J-1 の断熱面積率 98.8%) 減少すると、凍結深さは未断熱と同値となり、断熱効果が期待できないことが明らかとなった。

4. まとめ

本研究では、通水孔や II ブロック 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について検討した。その結果、各種の条件による断熱面積の減少率と凍結深さの関係を示すことができ、1% 程度

表 - 2 通水孔と目地の各設定条件

通水孔パターン				
試験条件	孔径(mm)	孔数	断熱面積率(%)	試験名
	1.5	75	99.90	W-1.5
	3	15	99.95	W-3
配置図				
目地パターン				
試験条件	目地幅(mm)	目地数	断熱面積率(%)	試験名
	1.0	10	98.80	J-1
	2.0	10	97.50	J-2
配置図				

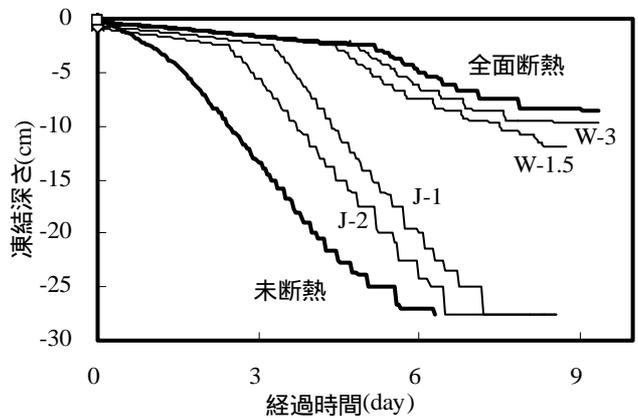


図 - 1 凍結深さの経時変化

表 - 3 凍結試験の結果一覧

試験名	断熱面積率 (%)	凍結深さ (cm)	凍結率 (%)
全面断熱	100	9.5	34
W-3	99.95	10.0	36
W-1.5	99.90	11.9	44
J-1	98.80	27.5	100
J-2	97.50	27.5	100
未断熱	0	27.5	100

の断熱面積の低下で、断熱効果が失われることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 橋本良祐・川端伸一郎・亀山修一・石田眞二：凍上抑制を目的とした断熱ブロックの開発について。土木学会第61回年次学術講演会概要集，pp299~300,2006