雪の壁, 天井材としての利用 Utilization of Snow as Wall or Ceiling Element

○正 媚山政良(室工大)

学 佐々木賢知(室工大院)

KOBAYAMA Masayoshi and SASAKI Masanori, Muroran Institute of Technology, Mizumoto Muroran

From a viewpoint of software side, the snow is one of the mysterious materials for almost passengers visiting snowy country from hardly snowfall area. When they encounter with the snow, they may be felt the impulse to touch the snow, to realize coldness and to be charmed by the snow. There are many voices that they would like to have this mysterious experience even during midsummer. In order to respond to those needs, the authors planned to construct a small space enclosed by snow walls, and developed a technique that prevents snowy dissolution under hot condition with the aid of refrigerator. With this technology, a project that makes a small space enclosed with snow walls in midsummer was carried out with the member of the Sapporo Commerce and Industry Meeting in this summer, and we also have been enjoyed.

Key words: mysterious snow, hot midsummer, small space, wall of snow, prevention of snowy dissolution, refrigerator

1. はじめに 環境保全, 省エネルギーの追い風を受け, いわゆる“利雪”が急速に定着しつつある。また, 雪は資源としての新しい一面をも覗かせつつあり, 新しい利雪分野の開拓が推し進められて来ている。雪を7月面から見ると, 雪のほとんど降らない地域の人たちにとって, 雪は一つの神秘である。雪国を訪ねる多くの観光客にとって, 雪は“触って冷たさを実感し, その神秘に魅了されたい”ものの一つである。できれば, この体験を真夏にも……との声は多い。雪を用いて小空間を作り, “文化”を行うものとしては, 横手の「かまくら」が有名である。このかまぐらの築造技術とその洗練された形状には完成された感がある。しかし, 残念ながら, このかまぐら, 冬期限定である。夏にかまぐらを作るプロジェクトを札幌商工会のメンバーとこの夏, 実施し, 楽しんだ。このプロジェクトを“雪のピラミッド(雪の金字塔)”と呼んでいる。

2. 構造の概要 真夏, 雪の中に壁と天井が雪で囲われた小空間(展示室)を作る。この小空間の中に, 毎時20名程度の“屋外からの訪問者”をおおよそ10日間受け入れる。炎天下では雪は解ける。雪を壁材, 天井材として強度を保つため冷凍機を用いる。小内部展示空間の温度を+5℃とし, これに面する壁, 天井の雪温を強度を保てる-2℃以下とする。雪で覆った壁, 天井の構造を図1に示す。雪を冷やすため低温の不凍液を流す冷却管を配し, また, 雪を支持するため10cmの厚さの雪(捨て雪)を用いる。また, 同時に内部空間の面の上には霜を成長させ, 内部空間を光に映える非日常的なものとする。図1の冷却管より下側には外部からの侵入熱を熱抵抗として軽減させる約30cmの雪(被り雪)と融解熱により軽減させる約10cmの雪(捨て雪)および熱遮蔽材として30cmの断熱材を積む(図9参照)。なお, 冷凍機は研究室所有の7.5kW(蒸発温度-20℃, 凝縮温度40℃, 定格冷凍能力12750kcal/h。7月平均温度-10℃での実能力9000kcal/h(=実測値))を使用する。

図1
雪で覆った壁, 天井の構造

図2 座標系

図3 差分格子

3. 熱設計およびシステムの検討 施設の熱設計を行うに際し, ①捨て雪の厚さ, ②被り雪の厚さ, ③内部の壁, 天井表面から冷却管までの距離, ④冷却管のピッチおよび不凍液の温度を決める必要がある。①に関しては, 展示期間を10日とすると100mmと推測される。③は, 内部構造物が壁, 天井を通し透けて見えない厚さを実験により確認し, 25mmとした。

3.1 熱伝導方程式による解析 ②および④に関しては, 次のように定常2次元の熱伝導方程式をシュミットの図式解法を基礎とした差分法により数値解析を行い, その結果を実験と比較し妥当性を確認し, 熱設計の資料とした。なお, 1次元の熱伝導方程式を用いて冷却管の存在を無視し解析を行った。座標系を図2に示す。図2に記入してある寸法は, 最終的に採用した設計値に係わる数量である。

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = 0 \dots \dots (1)$$

境界条件としては, 状況に応じ等温条件, 断熱条件(対称面および断熱面)を採る。図3に差分格子を示す。この差分格子を用いて式(1)を差分近似すると次式を得る。

$$t_{ij} = [C_1 t_{i+1,j} + C_2 t_{i-1,j} + C_3 t_{i,j+1} + C_4 t_{i,j-1}] / [C_1 + C_2 + C_3 + C_4] \dots \dots (2)$$

ここで, $C_1 = 1 / (\Delta x_P \cdot \Delta x_{PM})$ $C_2 = 1 / (\Delta x_M \cdot \Delta x_{PM})$
 $C_3 = 1 / (\Delta y_P \cdot \Delta y_{PM})$ $C_4 = 1 / (\Delta y_M \cdot \Delta y_{PM})$
 なお, 空気の雪相当厚さ δ [m]は $\delta = \lambda / \alpha$ として求める。