

研 究 報 告

令和 8 年 4 月 7 日

公益財団法人 前田記念工学振興財団

理 事 長 岸 利 治 殿

研究代表者

所 属 : 秋田大学

氏 名 : 小松喜美

研究課題名：折板屋根先端に生じる氷柱の形成防止に関する研究

助成金額：100 万円

研究実施期間：自 令和 7 年 4 月 1 日 ～ 至 令和 8 年 3 月 3 1 日

折板屋根先端に生じる氷柱の形成防止に関する研究

Research on the Prevention of Icicle Formation at the Edges of Folded-Plate Roofs

秋田大学 准教授 小松喜美

（研究計画ないし研究手法の概略）

商用施設や工場の屋根材には、安価で耐久性に優れ、現場での施工性も良い折板屋根が広く採用されている。しかしながら、積雪の多い寒冷地においては、この折板屋根の軒先部分に、しばしば大きな氷柱が形成される。このように大きな氷の塊が落下した場合に生じる衝撃は想像するに難くない。したがって、雪国において折板屋根を採用している建物の多くは、氷柱を定期的に破壊するなど、様々なコストを費やしているのが現状である。

研究代表者は、人工的な雪を積もらせた折板屋根を氷点下 10℃ に設定した低恒温室内に設置し、建物の暖房熱で生じる融雪水の挙動と氷柱の形成過程を実験的に検討する通水実験を 3 時間行った。その結果、融雪水は多孔質である雪層内をゆっくりと流れるため、先端部前面が融雪水を含んだ湿った雪になった後、外気で冷却され氷層化し、融雪水の流れが堰き止められ、雪層全体に融雪水が浸潤することが分かった。その後、雪層内をゆっくりと流れる融雪水のもつ熱エネルギーと運動エネルギーをできる限り低下させないように折板屋根形状を工夫することで、新たに熱エネルギーを加えることなく氷柱形成を防止することができる、新規折板屋根を開発した。しかしながら、これまでの低温恒温室内における実験では、実用時に氷柱形成に風が及ぼす影響を考慮できていなかった。したがって、本研究では開発中である「熱エネルギーに依らずに折板屋根先端の氷柱形成を抑制する新規折板屋根」を、より低温度・強風下に適用できるよう高性能化を図ることを目的に実験研究を行った。具体的には、図 1 のように低温恒温室内において、雪を堆積させた折板屋根試験部に融雪水を模擬した低温度の水を流し、屋根先端に生じる氷柱の形成過程を観察・検討した。この際、屋根先端部に強制的に風を当て、風が氷柱形成に及ぼす影響を検討した。また、屋根に防風カウルを設置した場合の性能についても検討した。

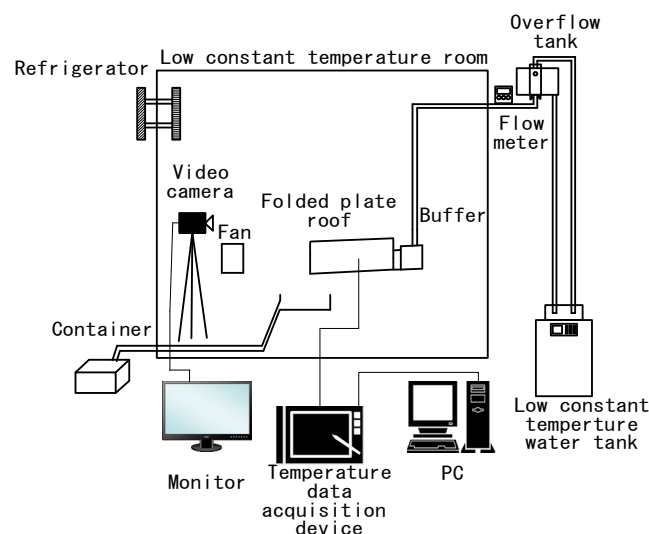


図 1 実験装置概略図

(1) 実験結果

図 2 は防風カウルのない新規折板屋根に対して、無風状態での通水試験を 3 時間行った後における屋根先端の状況を示したものである（特許戦略上、一部を黒塗りしている）。このときの、低温恒温槽の平均温度は氷点下 12.7 °C である。図 2 から屋根先端にはほとんど氷柱が生成されていないことが確認できる。また、図 3 に示すように、屋根からは常に一定量の排水があり、融雪水が問題なく排水されていることが分かる。

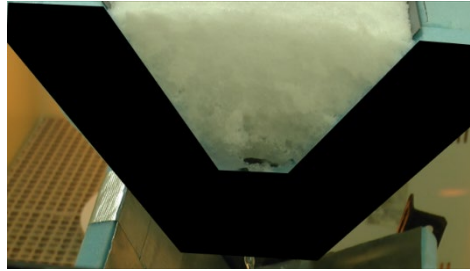


図 2 新規折板屋根での通水実験後の状況（無風状態）

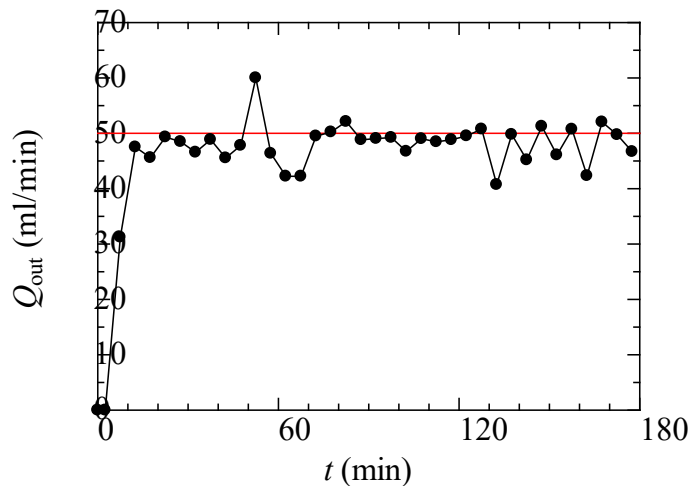


図 3 新規折板屋根での排水流量の時間変化（無風状態）

図 4 は、図 2 と同じく防風カウルのない新規折板屋根に対して、屋根先端部に 3.8～4.3 m/s の風を当て続けながら、1 時間の通水試験を実施した後の屋根先端の状況を示したものである（特許戦略上、一部を黒塗りしている）。なお、風は排水部分で最も風速が大きくなるようにファンの位置を調整し、屋根先端部 4 か所における屋根長手方向の風速を測定したものである。このときの、低恒温槽の平均温度は氷点下 12 °C である。図 4 から分かるように屋根先端部に氷柱が形成されてしまっている。また、図 5 に示すように、実験開始後 15 分程度で排水流量が急激に低下し、およそ 25 分で排水が完全に停止してしまったことも確認できる。その後、排水は排水部分から流出するのではなく、屋根後端部分からオーバーフローしていた。このように、風の影響を考慮した場合には、研究代表者が開発中である新規折板屋根は氷柱形成抑制屋根として機能しているとは言い難いことが分かった。この通水実験結果を受けて、新規折板屋根に取り付ける防風カウルを設計した。防風カウルは、ある程度厚みのあるスタイロフォームを使用することで防風としての機能を持つと同時に、融雪水温度の低下を抑制する効果を持たせるように設計した。

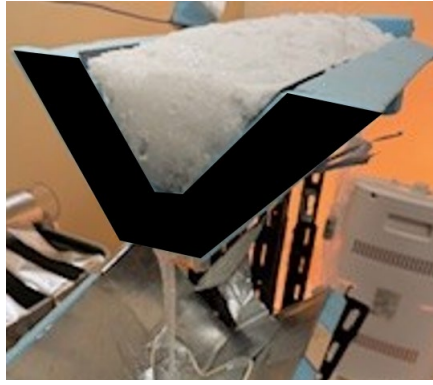


図 4 新規折板屋根での通水実験後の状況 (3.8～4.3 m/s)

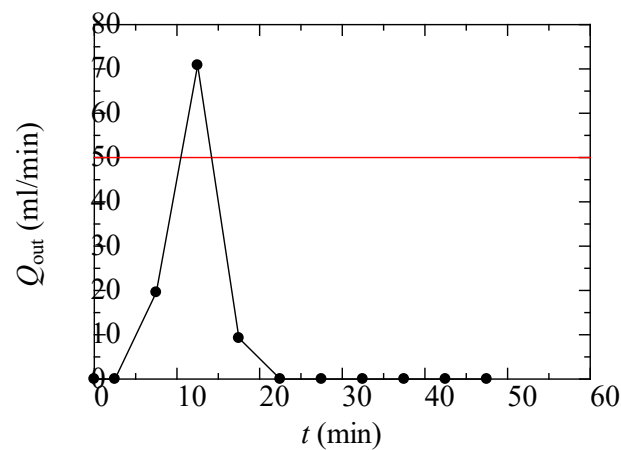


図 5 新規折板屋根での排水流量の時間変化 (3.8～4.3 m/s)

図 6 は、防風カウルを設置した新規折板屋根に対して、屋根先端部に 3.8～4.3 m/s の風を当て続けながら、3 時間の通水試験を実施した後の屋根先端の状況を示したものである(特許戦略上、一部を黒塗りしている)。このときの低温恒温室の平均温度は氷点下 14.3 °C であり、これまでの実験条件の中で最も厳しく、氷柱が形成されやすい条件である。図 6 から 3 時間の通水実験後も、ほとんど氷柱が形成されていないこと確認でき、開発中の新規折板屋根に防風カウルを取り付けることで、風の影響がある場合においても氷柱の形成を十分に抑制できることが分かった。



図 6 防風カウル付き新規折板屋根での通水実験後の状況 (3.8～4.3 m/s)

また、図 7 に示すように、屋根からは常に一定量の排水があり、融雪水が問題なく排水されていることが分かり、氷柱の形成を抑制すると同時に、融雪水の排水という重要な機能を維持できていることが示された。

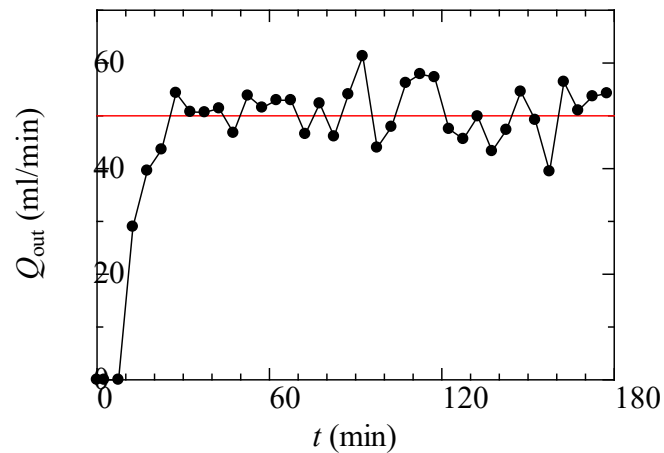


図 7 防風カウル付き新規折板屋根での排水流量の時間変化 (3.8~4.3 m/s)

(2) 今後の予定

今回の実験では氷点下 14.3 °C、3.8~4.3 m/s の風速下においても 3 時間に渡って氷柱の発生を防止することができた。今後は、本研究で設計した防風カウルを設置した新規折板屋根が、どのような条件下において氷柱の形成を抑制できるのかを定量的に検討し、適用限界を推定する手法を検討したい。また、安全側に考えて、本研究では屋根先端部分に常に一定風速の風が当り続けるという厳しい状況に条件設定している。しかしながら、実際の使用状況下において、常に風が吹き続けていることはなく、今後はより一般的な風況における性能を検討する必要もある

(発 表 論 文)

○特許

小松喜美 特願 2025-133324 「屋根」

○口頭発表

熱工学コンファレンス 2026 で発表予定