

環境生命 工学専攻	学籍番号	059402
申請者氏名	LUSI SUSANTI	

指導教員氏名	松本 博 宋 城基
--------	--------------

論文要旨(博士)

論文題目	屋根通気層内の自然換気による日射熱低減効果に関する研究
------	-----------------------------

(要旨 1,200字程度)

数十年前に起こった急激な経済成長期において、東南アジアにおける多くの工場には、波形アスベストセメント板が使用された。それらの典型的な構造は、低勾配の大規模一重屋根となっている。そのような建物では、屋根の伝熱特性は、作業空間の温熱環境と熱負荷に強い影響を及ぼす。特に、屋根が受ける日射は、冷房負荷を大幅に増加させ、作業空間に耐えがたい温熱環境をもたらす。そして、作業効率と作業精度の低下を引き起こす。

現在、これらの建物は古くなり、高価なメンテナンス及び修繕を必要としており、屋根を修繕する際、修繕箇所を新たな金属プレートの屋根材でカバーする部材の開発を行っている。古い屋根材がカバーされる際、古い屋根材と新しいカバーの間に中空層が出来る。

この中空層内を通気することで、効果的に日射の侵入を抑え、作業空間で熱負荷を低減することができる。さらに、この技術のメリットとして、熱負荷を抑える他に、従来、アスベストセメント板を含む改修工事の際、それらが撤去され、アスベスト繊維が空気中へ飛散する問題が懸念されている。石綿セメント板を剥さず、カバー材を被せることで、その飛散を防ぐことが出来る。

冷房電力消費量の低減および建物の温熱環境改善の観点から、冷房を直接使用するより、外装材を用いて熱貫流量を低減する方がより効果的に負荷を低減することができる。初期投資に対して、従来の運用費より安く抑えることが出来るため、経済的なメリットもある。近年、世界規模の地球温暖化の結果、より高緯度の地域においても、製造業関連の建物では、生産性向上のため夏期における冷房を必要としている。本研究では、屋根中空層内の自然換気による日射熱低減効果を、実験とシミュレーションにより、実用性を考慮して調べた。快適温度の改善と工場の冷房負荷低減に関して自然換気の影響を評価するためのシミュレーションプログラムの開発を行った。

実験では、中空層付き二重屋根模型により、屋根表面に日射を想定した熱量を与え、内部の熱的特性を実測により明らかにした。傾斜角度、発生熱量および給排気開口部のサイズの変化による条件を組み替え、気流速度および温度の測定を行った。屋根の傾斜角度を調節し、中空層開口部を大きくすることで、中空層内により気流が誘引され、温度上昇を低減することが出来、作業空間への伝熱を、低減することができた。

さらに、表面温度から中空層内の熱と気流を計算することが可能なシミュレーションプログラムを開発した。プログラムの作成に当たって、空気速度と温度のシミュレーション結果を基に実測値と比較検討し、多様な実験的な状況に対応するために気流の粘性と伝熱に関する係数を補正し、修正した。計算結果から 15%の誤差範囲内で、自然換気量および伝熱量を予測することができた。このシミュレーションプログラムを用いて、工場の作業空間における作用温度を設定し、屋根中空層内換気による効果を検討した。また、日本の気象条件を用いて屋根材の中空層の有無による比較検討も行った。二重屋根は、一重屋根より約 4.4℃作用温度を低減することができた。夏期において作用温度 26℃を一定とする条件の下で、工場内でエアコンが使用される場合、約 50%の冷却負荷低減効果が得られた。自然換気を促進する二重屋根は、工場において大規模な冷房設備と電力を消費せずに作業空間の温熱環境改善とエネルギー消費量削減もたらす優れたポテンシャルがあることが分かった。

20年 1月 15日

環境生命 工学専攻	学籍番号	059402
申請者氏名	LUSI SUSANTI	

指導教員氏名	松本 博 宋 城基
--------	--------------

論文要旨(博士)

論文題目	Study on Reduction in Solar Heat Gain by Natural Ventilation of a Roof Cavity
------	--

(要旨 1, 200字程度)

Many factories exist in South-East Asia which were built with corrugated asbestos cement boards during the rapid industrial developmental period which occurred several decades ago. The typical structure involves a single roof, which spreads widely and has a relatively low inclination. In such a building, the heat transfer characteristics of the roof have strong influence on the thermal environment and thermal load beneath it. In particular, the solar irradiation of the roof out-weighs the cooling load substantially, making the work space below unbearably hot, causing a reduction in work efficiency and precision.

These buildings have become aged and require expensive maintenance and repair work. Instead of repairing the roofs, roofers are developing measures to cover them totally with folded thin metal plates. When an old single roof is covered, a cavity is formed between the old roof and the new cover. If this cavity was to be ventilated, it would favorably stop the penetration of solar radiation and thus reduce the heat in the work space. The merits of this technique go beyond heat reduction. When an asbestos cement board is weathered, the cement component is removed from the surface, which results in the disintegration of dangerous asbestos fibers which are dispersed into the atmosphere. When an asbestos cement board is covered, such weathering is stopped.

In terms of improving the thermal environment of building and reducing cooling power consumption, it is more viable to prevent heat transfer through building claddings than to evacuate the heated air by way of cooling installations. This holds true concerning the initial investment and is also favourable considering the long-term expense. As a result of the recent warming of the global atmosphere, industrial buildings which require cooling in summer are beginning to appear in areas of higher latitude. In this study the heat dissipation performance using natural ventilation of a cavity roof was examined experimentally and numerically for practical application. The program will be applied to evaluate the influence of natural ventilation on the improvement of thermal comfort and cooling load reduction of a factory.

In the experimental work a cavity model heated at the upper surface to mimic solar radiation on a roof was built and tested. The inclination angle, heat production and size of inlet and outlet openings were varied. The upper and lower surface temperatures, and the air velocity and temperature profiles were measured. It is shown that by adjusting the inclination angle of the roof and providing a large opening of the cavity, the induced airflow reached remarkable gains to reduce temperature rise in the cavity. Hence, the transmitted heat into the space beneath it could be reduced.

A simulation program was developed to calculate the heat and air flow in the cavity from the measured surface temperatures. The simulated air velocities and temperatures were compared with the results from the experiments. The viscosity of the air and the heat transfer coefficients were modified to cope with the wide range of experimental conditions. This simulation could predict the heat transportation as a result of natural ventilation within a deviation of 15% in most of the measured cases with minimal time required for calculation. Using the logic used in this simulation, then the further simulation work was developed to discuss the effect of cavity ventilation on the operative temperature of the occupied zone in the factory. Comparisons were made between factories with a cavity roof and a single roof in the Japanese climate. The cavity roof was superior to the single roof in lowering the operative temperature by about 4.4°C. When the factory was air conditioned, the cooling load reduction reached approximately 50% during the summer to maintain an operative temperature of 26°C. A naturally ventilated cavity roof has excellent potential for improving the indoor thermal environment and energy savings of factory buildings without complicated cooling installations and life time power consumption.