

波形鋼板屋根の熱伸縮量と接合部に生じる力についての実験的検討

宇都宮大学 学生員 ○仲藤 忍, 正会員 鈴木康夫, フェロー 中島章典

1. はじめに

近年、大規模ショッピングモールや工場等の屋根に、従来にはない長さの波形鋼板屋根が用いられる事例が増えている。これらの鋼板屋根は、長尺になるほど熱伸縮による影響を受けやすく、構造躯体と屋根本体との間に相対的な変形が発生する。そのため、構造躯体と屋根本体の接合部が強度劣化し、鋼板屋根が飛散する被害が頻発している¹⁾。しかし現在では、鋼板屋根の伸縮量に関する研究はなされているものの²⁾、鋼板屋根の熱伸縮によって接合部に生じる力の研究はなされておらず、その関係は未解明な点が多い。そのため、接合部の明確な設計基準は未だ確立されていないのが現状である。

本研究では、波形鋼板屋根の実物模型を用いた実験を行い、屋根本体の温度変化による伸縮量および接合部付近のひずみを測定することで接合部に生じる力を算出し、伸縮量と力の関係を実験的に検討した。

2. 試験体

本研究で用いた試験体は、図-1に示すように長さ2000mm、働き幅500mmのはぜ式折板屋根を、幅方向に5列配置したものであり、そのうち中央の1パネルを測定対象とした。鋼板屋根の材種は、ガルバリウム鋼板(線膨張係数 $\alpha = 11.7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)である。ここで働き幅とは、はぜ式折板屋根1パネル分の幅であり、図-1で示したように、屋根を葺いたときに重なり合う部分を差し引いた鋼板屋根の寸法である。鋼板屋根の接合部は、図-2に示すように左右の鋼板屋根がタイトフレームに取り付けられた吊子を包むように上下に重なって巻き込む構造になっている。吊子を取り付けるタイトフレームは、100×50×2600mmの溝形鋼に溶接されている。

3. 測定方法

測定項目は、鋼板屋根各部の温度、ひずみ、伸縮量、およびタイトフレームのひずみとした。図-1に温度およびひずみの測定位置を示す。温度測定にはT熱電対を使用し、日射の影響を把握できるように鋼板屋根の両斜面および底面それぞれの温度を測定した。伸縮量の測定は、対象とした中央の鋼板屋根の裏面両端部に変位計を取り付け、長手方向の変位量を測定した。ひずみの測定には、リード線の温度変化の影響が無視できるように1ゲージ3線式の一軸ひずみゲージを使用した。

測定にあたっては、試験体を地上から約430mmの高さに保ち、正午ごろまで日のあたる屋外に設置し、30分毎にデータを計測した。

4. 自由伸縮状態における測定結果

ガルバリウム鋼板の線膨張係数を確認するため、本研究で用いた鋼板屋根1パネルのみを取り出し、テフロン板の上に乘せ、自由に伸縮できる状態で鋼板屋根各部の温度、

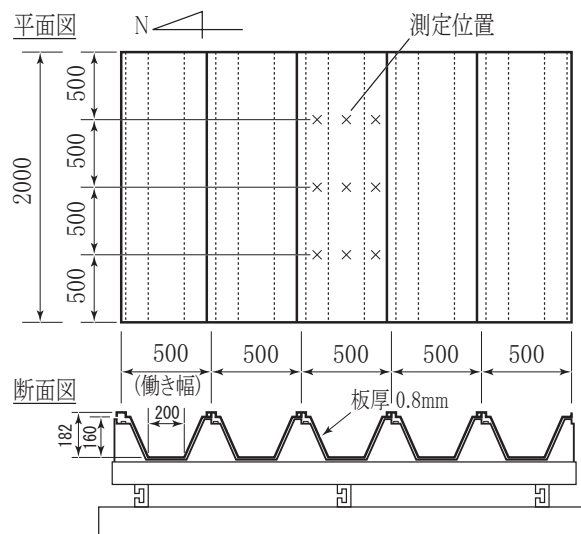


図-1 試験体平面図および断面図 (寸法単位: mm)

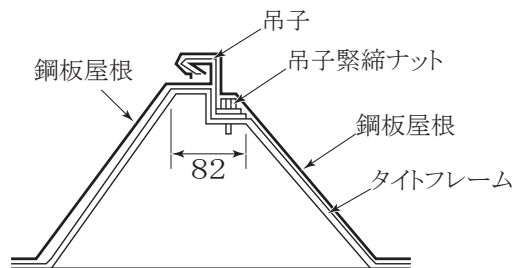


図-2 接続部断面図 (寸法単位: mm)

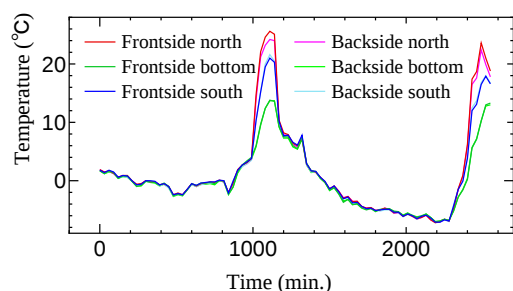


図-3 温度測定結果

ひずみ、および伸縮量を測定した。測定期間は2009年1月11日から2009年1月13日までの約3日間とした。その結果を以下に示す。

(1) 温度測定結果

図-3に試験体各部の温度の経時変化を示す。屋根北側斜面の温度は、3日間を通して±約30℃、南側斜面は±約25℃の温度変化が生じている。底面に関しては日中の温度上昇が両斜面と比べて小さく、日射の影響を受けにくいことがわかる。

(2) ひずみ測定結果

図-4に試験体各部のひずみの経時変化を示す。なお、本研究では自己温度補償機能付のひずみゲージを用いたため、

Key Words: 波形鋼板屋根, 熱伸縮, 温度, 接合部

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6208

熱伸縮によるひずみは0に補正され、拘束ひずみが計測される。図-4から、屋根北側および南側のひずみはほぼ同程度であるのに対し、底面の引張ひずみは他と比べて非常に大きい。また、今回の実験では鋼板屋根が自由に伸縮できる状態としたにもかかわらず、全体を通してひずみが0とならなかった。これらの原因としては、テフロン板と鋼板屋根との間に摩擦が生じ完全に自由伸縮できる状態を保てなかったこと、ひずみゲージの温度補償範囲が+10℃～80℃であるのに対し、試験体の温度が20℃程度までしか上がらなかったことなどが考えられる。

(3) 伸縮量測定結果

図-5に測定された鋼板屋根の伸縮量の経時変化および以下の式(1)で求めた伸縮量の理論値を示す。

$$\Delta l = \alpha \Delta T l \quad (1)$$

ここで、 α はガルバリウム鋼板の線膨張係数 $\alpha = 11.7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 、 ΔT は屋根底面の測定開始時からの温度差、 l は屋根の全長を表す。

図-5から、1300分あたりまでは測定値と理論値が概ね一致している。その後測定値が理論値より大きくなっているが、変位計の設置状況に不具合が生じたためと考えられる。そこで、計測開始後1300分までの変位と温度の関係からその線膨張係数 α を算出すると、

$$\alpha = 11.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \quad (2)$$

と求まる。これはガルバリウム鋼板の線膨張係数 $11.7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ と同程度であり、本研究においてこの値を用いてもよいと判断できる。

5. 接合部に生じる力の算出方法

本研究では、屋根の熱伸縮によって接合部に生じる力をタイトフレームに生じるひずみを計測することで求めることとした。そこで、実験に先立ちキャリブレーションを行った。図-6に示したようなタイトフレームを平行に2列並べ、その吊子取付け位置同士を引張ることで荷重(図中のP)を与え、荷重計により測定される力とタイトフレーム下部のひずみ(図中の ϵ)との関係を同定した。一例として、図中P₃位置に荷重を作用させた場合のひずみ-荷重関係を図-7に示す。これらの結果から、接合部にかかる力とタイトフレームに生じるひずみには以下のような比例関係が成り立つことが確認できる。

$$\epsilon = CP \quad (3)$$

ここで、 C は係数行列を表し、

$$\epsilon^T = \begin{Bmatrix} \epsilon_{l2} & \epsilon_{r2} & \epsilon_{l3} & \epsilon_{r3} & \epsilon_{l4} & \epsilon_{r4} \end{Bmatrix}$$

$$P^T = \begin{Bmatrix} P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 & P_6 \end{Bmatrix}$$

である。この関係から、鋼板屋根を拘束させたときに各接合部に生じる力は以下の式(4)で求めることが可能であるとえられる。

$$P = C^{-1}\epsilon \quad (4)$$

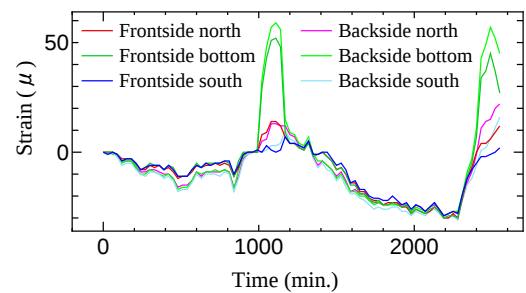


図-4 ひずみ測定結果

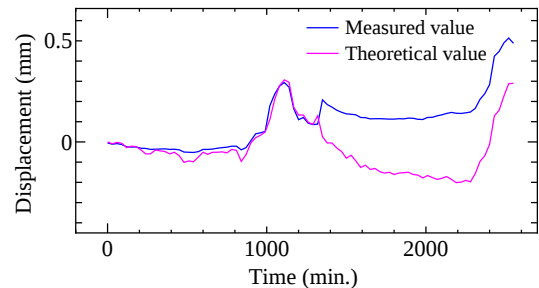


図-5 伸縮量測定結果

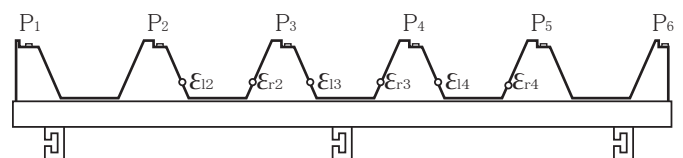


図-6 力およびひずみの測定箇所

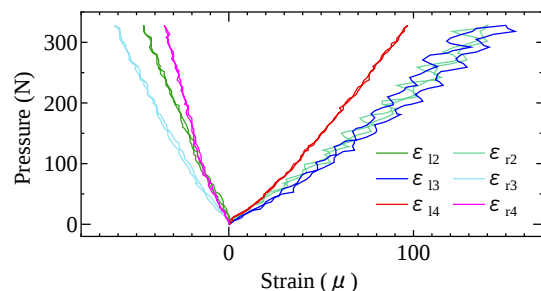


図-7 P₃におけるひずみ-荷重関係

6. おわりに

本研究では、自由に伸縮できる状態での波形鋼板屋根の温度、ひずみ、および伸縮量の測定を行った。その結果、鋼板屋根の形状から両斜面に比べて底面の温度変化が小さく、ひずみ変化が大きくなることがわかった。また伸縮量に関しては全体を通して誤差が小さく、ガルバリウム鋼板の線膨張係数が確かめられた。

現在、波形鋼板屋根を固定してひずみを測定しており、接合部に生じる力の算出方法および鋼板の伸縮量と力の関係を確認中である。その結果については、講演当日に報告する予定である。

参考文献

- 1) 浅井英克, 時野谷浩良: 二重折板屋根の耐風性能に影響する熱伸縮の解析的検討, 大林組技術研究所報, No.71, 2007.
- 2) 小南和也, 十倉 毅, 河野重治: 長尺金属屋根の日射による伸縮量測定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.901-902, 1996.9.
- 3) 小南和也, 十倉 毅, 河野重治: 長尺金属屋根の人口日射による変形について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, 1998.9.
- 4) 中山昌尚: はぜ式折板の台風強度に関する実験-台風被害の原因追及-, フジタ技術研究所報告, 第41号, pp.49-54, 2005.