

長大鉄骨屋根の運用時における部材温度の実測と温度変形に関する検討

その1 建物概要及び構造設計概要

正会員 ○奥山 敦之*1 準会員 堂本 耕介*2
同 塩手 博道*1 正会員 佐川 隆之*3
同 中島 秀雄*2

温度荷重 長大鉄骨屋根 実測

1. はじめに

長大鉄骨屋根構造の設計においては、温度応力の検討が欠かせない。本会「荷重指針」¹⁾に温度荷重に関する指針はあるものの、裏付けされる計測結果についての材料は乏しいのが現状である。今回、長大鉄骨屋根を有するスポーツ施設を対象に、年間を通じた天井内、天井直下の気温および鉄骨部材表面温度、それに応じた屋根架構の水平変位の長期モニタリングを実施することとした。計測器の設置・計測開始は鉄骨建て方と同時に行い、2021年6月まで（竣工後2年間）計測する予定である。

本論文では、部材温度および屋根変形の実測結果から、温度変形に関する検討を行う。

その1では、対象施設の建物概要および構造設計概要について報告する。

2. 建物概要

対象建物は、青森県八戸市にある「YS アリーナ八戸（八戸市長根屋内スケート場）」で、一周400mのスケートリンク、固定観覧席3045席を内包する施設である。

鉄骨屋根部の立面形状は、周辺環境との調和を図り、外周部に勾配を付けた台形の立面形状とした（写真1）。

リンク・リンク内中地部（以下、アリーナ）は、室内環境効率の観点からアルミ膜天井が設けられ、鉄骨トラスは天井内となっている（写真2）。屋根面の構成は、合成高分子系ルーフィングシート+断熱材（硬質ウレタン変成イソシアヌレートボード $t=40$ ）+デッキプレートとしている。空調はリンクに氷を張っている期間（概ね7月～3月）に行っており、氷面より1.5m以上では約15℃の設定としている。

3. 構造設計概要

アリーナ屋根は、長辺方向で199m、短辺方向で93mの楕円形の平面形状で、中央部で約8.0mのデプスを有する立体トラス構造である。アリーナは天井が貼られ、意匠性を求められることはないことから、部材構成は、機能性、経済性を重視した構成（上下弦材にH形鋼、束材・斜材に鋼管、接合部はHTB接合）とした。トラスの平面的な配置は、トラス梁を斜めにクロスさせて配置する「斜めグリッド格子トラス」とした（写真3）。



写真1 建物外観

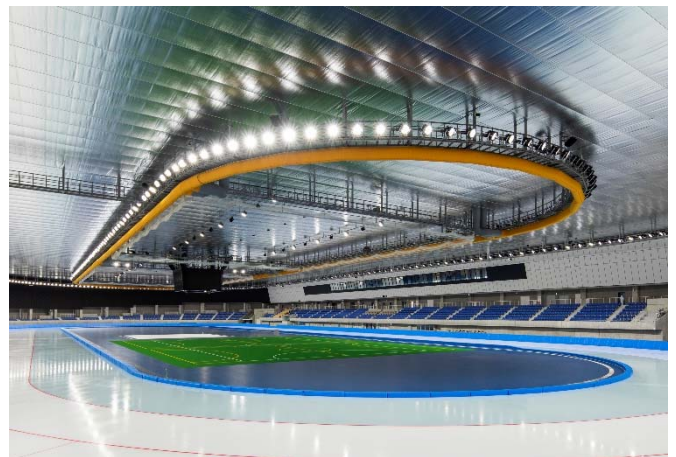


写真2 アリーナ内観



写真3 斜めグリッド格子トラス（建て方時）

「斜めグリッド格子トラス」は、楕円形状の円弧部と矩形部を連続して構成し、かつ水平ブレースの役割を併せ持つ構造で、屋根全体の一体性が高く、効率的に屋根を支える下部構造の RC 耐震壁まで地震力を伝達できる。

支承部は、可動方向を楕円放射方向の一方方向すべり支承とし、年単位で周期的に生じる温度変化による応力を軽減する計画とした。

屋根を支える下部構造の構造種別は、断熱・機密性能の高い RC 造とした。建築計画上、十分な耐震壁を確保でき、剛床が成立させる床スラブ厚を確保することで、下部構造は十分な剛性・耐力を確保した。

4. 屋根架構の設計

4.1 解析モデル

構造解析は、屋根架構と下部構造に分割し、境界部分に反力を与えた。図 1 に屋根架構の解析モデル図を示す。一方方向すべり支承の摩擦係数は、0.047 以下の製品を用いることとしており、解析において摩擦係数は考慮していない。なお、すべり材の製品検査結果は 0.0312～0.0351 であった。

4.2 設計用荷重と設計クライテリアの設定

屋根架構の荷重ケースの組み合わせと設計クライテリアを表 1 に示す。積雪荷重(S)は垂直積雪量 85cm, 単位重量 20N/m²/cm, 地震荷重(EX2, EY2)は Ci=1.03, 温度荷重(Tu, Td)は±25℃を温度荷重と設定した。

温度荷重に関しての設計クライテリアは、長期荷重+温度荷重によって生じる応力に対し、部材が長期許容応力度以内とし、設定した温度荷重以上に短期的に温度が上昇する日変動および日射効果に対する安全性にも配慮した。解析では、鉄骨部材の線膨張係数から温度変化によって生じる歪を算定し、部材に生じる応力を算出した。

4.3 設計用温度荷重の設定根拠

1961 年～2014 年の八戸市の気象庁記録より、月平均最高気温は 25.6℃, 月平均最低気温は-4.1℃であった。一方、温度荷重を設定するにあたっての「基準温度」は鉄骨トラスの H.T.B 本締め時期となる。本施設の H.T.B 本締めは数ヶ月となることから、基準温度を冬施工の場合 0℃, 夏施工の場合 20℃とした。基準温度と月平均最高気温、最低気温差 (0℃～25.6℃, 20℃～-4.1℃) が温度荷重となり、25℃の温度差を温度荷重と設定した。

4.4 温度応力

図 2 に温度荷重時 (+25℃) の軸力図を示す。前述の通り、支承部は図 1 の矢印方向に一方方向ルーズの機構としており、温度応力を緩和させる支持条件であるが、外周リング部材 (支承材をつなぐ部材) で温度応力が大きくなる。

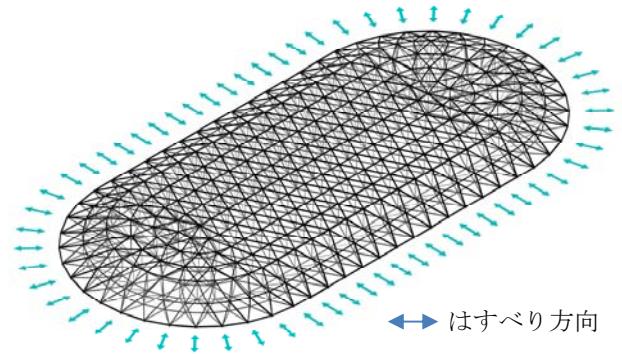


図 1 屋根解析モデル

表 1 屋根架構の設計クライテリア

荷重ケース	設計クライテリア
G+P	・各部材が長期許容応力度以内
G+P+(Tu, Td)	・変形が、仕上げで逆勾配にならない
G+P+S	・各部材が短期許容応力度以内
G+P+Td+S	・変形が、仕上げで逆勾配にならない
G+P+(Tu, Td)+W	・各部材が短期許容応力度以内
G+P+(Tu, Td)+(EX2, EY2)	・各部材が短期許容応力度以内

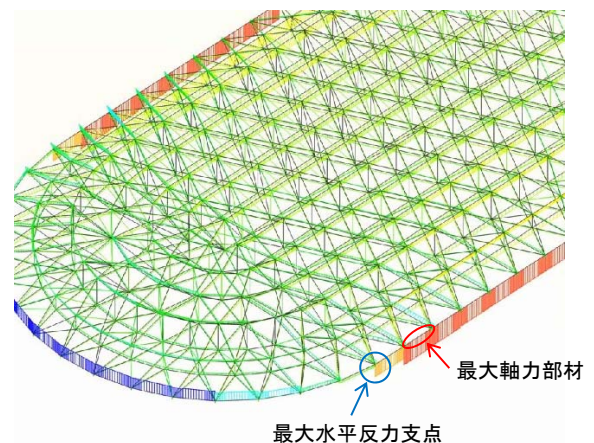


図 2 温度荷重時 (+25℃) の軸力図

最大軸力が発生する部材は直線部で、925kN 程度の圧縮応力となる。また、温度荷重時 (+25℃) の支承部の変位は短辺方向で 14 mm, 長辺方向で 20 mm (いずれも屋根中心軸位置) であった。

5. まとめ

長大鉄骨屋根を有するスポーツ施設を対象に、鉄骨部材の温度変化、およびそれに応じた屋根架構の変位を確認することとした。

その 1 では、対象建物の建築概要、構造設計概要、温度荷重を中心にアリーナ屋根の設計について報告した。

参考文献

- 1) 日本建築学会 建築物荷重指針・同解説 (2015)

*1 山下設計

*2 小山工業高等専門学校

*3 清水建設技術研究所

*1 Yamashita Sekkei Inc

*2 Institute of Technology, Oyama College(KOSEN)

*3 Institute of Technology, Shimizu Corporation