

天王川公園野外ステージ改修工事

井上 祐子*1

膜構造建築物の事例として、2023年6月竣工の「天王川公園野外ステージ改修工事」を紹介する。

1. 建物概要

- ・工事名称：天王川公園野外ステージ改修工事
- ・所在地：愛知県津島市宮川町1丁目地内
- ・施主：津島市
- ・設計・監理：株式会社 TONZAKO デザイン
- ・設計協力：土井一秀建築設計事務所+H&A
- ・構造：満田衛資+柳室純構造設計
- ・施工：大和リース株式会社
- ・鉄骨・膜工事：太陽工業株式会社
(鉄骨製作) 道央建鉄株式会社
- ・工期：2023年6月15日～6月30日(屋根部)
- ・規模：直径22.9m×高さ12.7m
- ・面積：投影面積388.0m²、表面積417.0m²

天王川公園は、2020年に開設100周年を迎え、2007年には「日本の歴史公園100選」にも選定された歴史ある公園で、シンボルである日本最大級の大きさを誇る藤棚を有し、「尾張津島藤まつり」や2016年にユネスコ無形文化遺産に登録された「尾張津島天王祭」が開催されるなど、多くの観光客や市民に愛される公園である。この公園内のステージには、これまで屋根が無く、市民より全天候型ステージへの改修の要望が多く寄せられていた。2022年度よりスタートした天王川公園 Park-PFI (公募設置管理制度) 事業、および、Park-PFI

事業と連動した寄付事業の寄付金(株式会社宇佐美鉱油を含むグループ企業からの企業版ふるさと納税等)により、野外ステージの整備が行われた。

2. 意匠と構造が融合したデザイン

津島市より、野外ステージの上屋には、公園開設100周年を迎え、次の時代を見据えた象徴的な演出をしてほしい、という要望が出され、設計を手掛けた TONZAKO デザインによって、屋根材に透明の膜構造用フィルムが採用された。

屋根の形状は、HP曲面を円形で切り取った形とすることで、天王川公園の丸池や、尾張津島天王祭の巻藁舟で揺らぐ堤灯の軽やかさを表現している。また、HP曲面の採用により、負荷荷重時における膜構造用フィルム(以下、ETFEフィルム)の増分張力の減少も期待できた。

3. ETFE 屋根の設計・製作・施工

(1) 構造計画

屋根部の概要を図1に、主要部材を表1に示す。ETFEパネル1枚の大きさは、製作および施工を考慮の上、長さ最大約23.5m、幅最大約6.2mにて決定し、パネルの間は雨樋で分割した。ETFEフィルムを補強するためのケーブルは、外装材用風荷重の大きさに合わせ、中央の2パネルでは、1.35mピッチで3本、両端の2パネルでは、1.1m～1.35mピッチ



写真1 全景1 (撮影: TONZAKO デザイン)



写真2 全景2 (撮影: TONZAKO デザイン)

*1 太陽工業株式会社 設計本部 工修

で4本配置した。また、屋根の全体勾配は、積雪荷重時にフィルム面の勾配を確保できることを条件とし、決定した。

(2) 構造解析

ETFEフィルムと補強ケーブルの張力および変形の算出は、有限要素解析にて行い、全体性状の把握を目的とした1/2モデル(対称条件考慮)と、補強ケーブル定着部におけるETFEフィルムの応力集中の評価を目的とした詳細モデルにて解析を実施した。解析結果の例を図2に示す。解析にて、フィルムとケーブルの張力や変形が許容値以下であること、積雪荷重時において適正な勾配が確保できていることを確認した。

(3) ETFE 施工時の検討

屋根の構造フレームは、外周は、閉断面であるφ406.4のリムフレームが連続して回っているが、内部の格子梁は、軽やかさを求めた構造計画のため、CT-150×150と非常に小さな開断面の部材で成り立っている。しかし、施工時に全パネルを同時に張ることはできないため、どうしても、格子梁に対して、部材芯とETFEフィルムの取付位置の偏心による捩じりモーメントが発生する時期が存在する。施工時の安全性を担保するために、施工期間(6月)の気象データを10年分収集し、その中で最も大きな風速により発生するフィルムの張力を求め、検討を行った。その結果、格子梁の材質は、完成後の検討で得られた490材範囲に加え、パネル分割部(雨樋部)の範囲も490材に変更した。

(4) 補強ケーブル・中間金物・端末金物の設計

補強ケーブルは、径の細さ(被覆を含みφ12)に対して、端末の金物の大きさが目になってしまう。したがって、本計画では、意匠性を考慮し、長さ調整機構は水下部だけに設け、水上部はフォークエンドクレビスとした(写真3、4)。

ケーブルの中間部は、アルミの金物で被覆ケーブルをクランプしているが(写真5)、この強度は、実験で求めた。実験により、中間部の強度は、ボルト軸力に影響を受けることがわかったため、適正なトルク値を設定することにより、ボルト軸力の管理を行うこととした(写真9)。

(5) 鉄骨の製作

鉄骨の曲げ加工は、円弧のRを指定して行うため、製作設計では、まず、外周のリムフレームのHP曲面を円形で切り出した曲線と、格子梁の放物線の円弧近似を試みた。その結果、リムフレームは、曲線を8分割し8つの中心をもつ円弧(Rの値は2種類)にて、格子梁は、梁ごとにひとつのRにて近似することとした。なお、理論式の曲線と近似円弧との誤差は3mm以下であり、問題ないことを設計者に確認した。

表1 屋根部 部材リスト

リムフレーム	P-φ406.4×19 (STK400)
格子梁	CT-150×150×6.5×9 (SS400, SN490B)
補強ケーブル	φ9 (7×7) 構造用ストランドロープ (ST1570), ポリエチレン被覆 1.5t
膜構造用フィルム	ETFEフィルム 500μm (透明)

鉄骨部材決定：満田衛資+柳室純構造設計

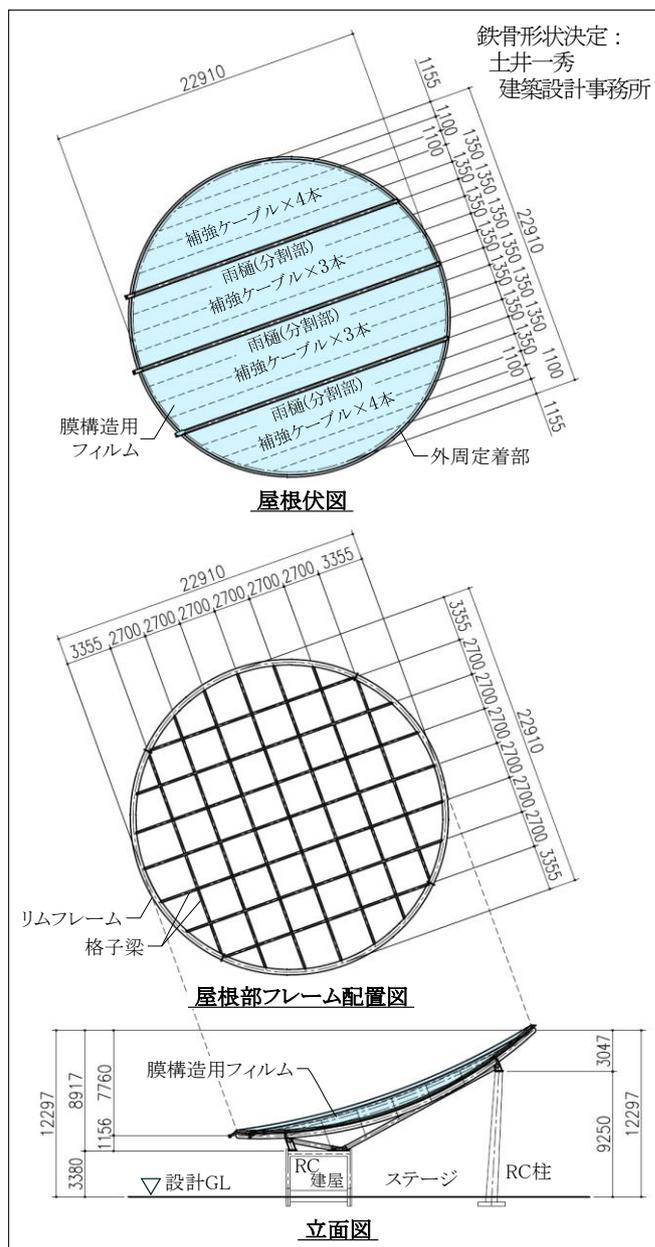


図1 屋根部 概要図

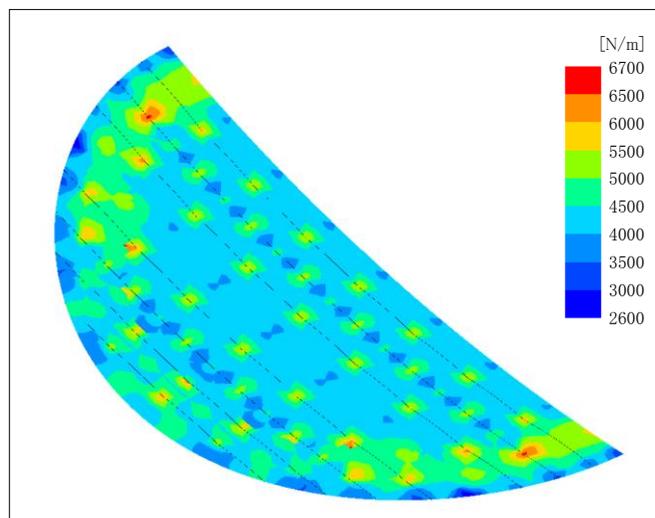


図2 解析結果 (外装材用負圧風荷重時 Mises 応力)

鉄骨製作にあたっては、治具を用いて空間上に鉄骨の3次元モデルを再現し、HP 曲面形状の架構を実現させた。また、ETFE パネルの間の雨樋も、雨量計算の結果と ETFE の施工を考慮した上で、必要最低限の樋幅を設定し、鉄骨で、格子梁と一体で製作した。その際、最下部で雨水の流速を抑えるために樋底を段落としたりする工夫を行った（写真6）。

(6) ETFE パネルの加工

ETFE の加工では、フィルムの多重溶着を避けるための様々な工夫を行った。また、工場では、加工する前に必ず始業前点検を実施し、決められた溶着性能が得られることを確認してから作業を行った。

(7) ETFE パネルの施工

パネルの展張と定着は、前述の雨樋を利用した（写真7）。

ETFE フィルムへの最終的な張力導入は、ETFE パネルが所定の位置より浮いた状態で、フィルムとケーブルを取り付け、最後に補強ケーブルを引き落とすことで行った（写真8）。このことにより、パネルの外周部でフィルムが過度に伸びて、張力過多になる懸念を回避した。

4. まとめ

本工事は、計画当初より、意匠設計者、構造設計者ともに、同じ方向を向き、美しく合理的な計画を求め、協議を重ねた結果、完成したものである。その場に、工事専門業者として参加できたことに感謝するとともに、このステージ上屋が、津島市民や天王川公園の利用者の方々から愛され、公園のシンボルとなることを願っている。



写真3 水下側ケーブル端部



写真4 水上側ケーブル端部



写真5 ケーブル中間部



写真6 雨樋最下部



写真7 展張状況



写真8 張力導入状況



写真9 トルク確認状況



写真10 天王祭の様子1 (撮影: TONZAKO デザイン)



写真11 天王祭の様子2 (撮影: TONZAKO デザイン)