

複合式張弦梁構造の設計と施工 (その1) 山口きらら博記念公園水泳プールの構造計画

正会員 ○櫻井 優貴*
同 城戸 隆宏*

複合式張弦梁構造 テンション構造 軽量構造
骨組膜構造

1. はじめに

本建物は、2011年9～10月に開催される第66回山口国民体育大会および第11回全国障害者スポーツ大会に向けて建設中の、山口きらら博記念公園内に建つ屋内水泳場である。卵型のフォルムをしたメインプール大屋根は金属屋根と膜屋根で覆われている。屋根面から連続して繭状に膜が包み込む建物妻面のファサードは、有機的な施設やランドスケープに恵まれた公園の交差点入口に面し、利用者を出迎える(写真1)。

3次元曲面をした屋根の構築、また気積の縮小化による環境負荷の低減や観客スペースの確保という建築的要求に対して、屋根架構に「複合式張弦梁構造」を採用した。

本構造は、張弦梁構造を用いた複合構造で、建物の両側に配置した片持ちのトラス架構(キャンチトラス)の先端に低ライズを容易にする張弦梁を繋いだ架構形式である。キャンチトラスの材長と角度を変化させる方法で、複雑な形状をシンプルな架構の組合せによって構築することが可能となる(図1)。

本稿では、屋根架構に採用した複合式張弦梁構造の構造設計概要について報告する。

2. 屋根架構計画概要

屋根形状は長軸方向77.2m、短軸方向61.6mの楕円形状をしている。X2～X18間に3.65～4mピッチで配した複合式張弦梁構造は最大高さHo=19.6m(X14通り)、最大スパンLo=61.6m(X10,11通り)、ライズスパン比hc/Lc=0.09～0.25である。X1～X18通りに配置した張弦梁上弦材には曲げ加工をしたH形鋼を採用し、下弦材には、φ22.4の構造用ストランドロープを2本平行配置する(表1)。張弦梁は、最大スパンLb=36.0m(X13通り)、上弦材のライズスパン比h/Lb=0.02～0.13、下弦材のサグスパン比f/Lb=0.04～0.05、剛性比 $\alpha=1.6\sim4.6\times 10^{-3}$ である。

プール水に含まれる塩素による鉄部の防食を防ぐため、鉄骨部材に溶融亜鉛めっき処理を施し、またケーブル材には、耐候性に優れたポリエチレン(PE)被覆が施されたス

表1. 構造諸元

張弦梁	上弦材	H-488×300×11×18	曲げ加工	SN490B
	束材	φ139.8×4.5		
キャンチトラス	下弦材(ケーブル材)	φ22.4×2本	構造用ストランドロープ ポリエチレン被覆加工	ST1470
	上弦材	H-488×300×11×18		SN490B
キャンチトラス	下弦材	φ318.5×19.0	(X5～X13通り)	STK490
		φ318.5×10.3	(X2～X4, X15～X18通り)	

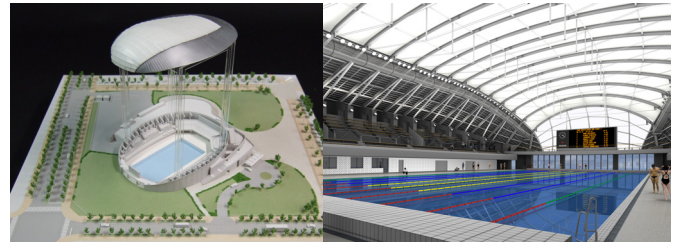
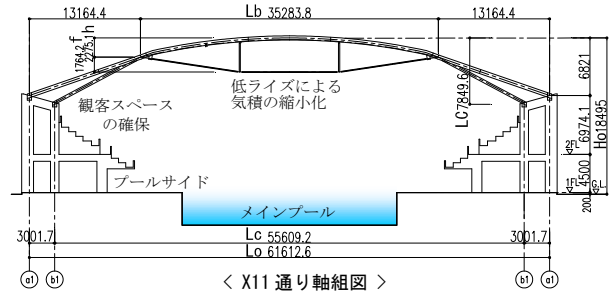
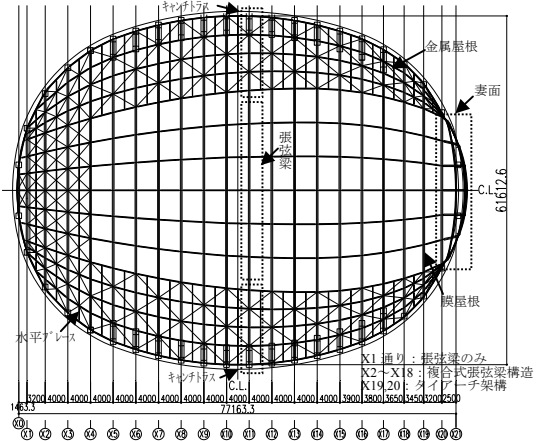


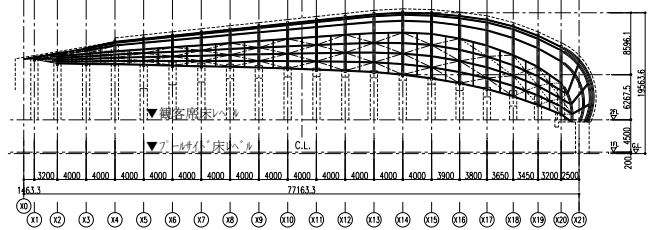
写真1. 模型写真および内観パース



< X11 通り軸組図 >



< 屋根伏図 >



< 断面図(長軸方向) >

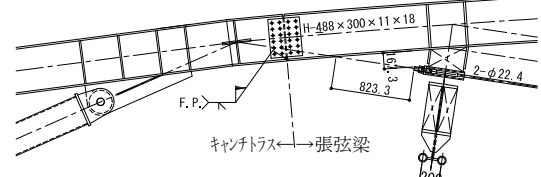


図1. 屋根架構図

トランドロープを採用した。束材と上弦材との交点は剛接合とし、ケーブル材との交点は、束下接合金物によって PE 被覆表面上をクランプする摩擦止め方式とした(図 2)。締付ボルト軸力の算定には、実験データにより摩擦係数 $\mu=0.1$ 、軸力減少係数 $k=0.5$ を採用した。

キャンチトラスの屋根にはステンレス葺き仕上げを施す。直線材で構成されたキャンチトラス上弦材の角度を変化させながら並べることによって緩やかな線織面を構成し、有機的な屋根形状を単純な仕組みで無理なく仕上げる。また張弦梁の屋根には、骨組膜構造として酸化チタンを両面にコーティングした A 種膜(外膜)を採用し、形状解析で得られる曲面に基づいて膜材を立体裁断し、短軸方向 2 スパン毎にパネル化した。また外膜の結露水を受ける内膜を外膜の内側 230mm の位置に設ける(図 3)。

屋根の面内剛性を確保するため、膜根部分を除く屋根面に配した水平ブレースと妻面に配した格子状の剛接架構とで一体化を図る。下部構造は十分な壁量を確保した堅固な RC 躯体により構築され、2 階から立ち上がる門型の RC フレームにより屋根架構を支持する。

3. 複合式張弦梁構造の基本性能

本構造の架構には(その 2)で述べる施工方法を採用する。その基本性能を以下に挙げる(図 4)。

1. 地組時において、「単純支持状態の張弦梁の全長=設計スパン長」を目標とした張力導入(材長指定)により、張弦梁の施工精度管理が容易となる。
2. キャンチトラスと接合するために、地組した張弦梁をクレーンで吊上げることが可能で、張弦梁の自己釣合

いの特徴を活かし、施工に合理性を与える。

3. 自重時は、張弦梁とキャンチトラスとを接合した後にキャンチトラス先端の支保工の反力を解除する。そのため自戻した張弦梁の自重による鉛直下向き荷重がキャンチトラス先端に作用し、キャンチトラスは曲げによる影響を大きく受ける。また張弦梁は、上弦材の水平スラスト力を下弦材により吸収するため、下部構造への水平スラスト力の低減を可能にする。
4. 付加荷重時は、接合された張弦梁上弦材とキャンチトラスが一体となってアーチアクションを示す。
5. 長さ管理で張力導入されたケーブル材は、付加荷重時に生じる圧縮力に対して張力消失しない範囲で抵抗し、架構の剛性に寄与する。

4. 設計荷重(1次設計)

長期荷重時は骨組重量・膜屋根(300N/m²)・金属屋根(400N/m²)、付加荷重時は風荷重を検討し、速度圧 1300N/m²、風力係数[WL1]全面吹下(C_r=+1.0)、[WL2]全面吹上(C_r=-1.0)、[WL3]半面吹下・吹上(C_r=+1.0 風上・-1.0 風下)とする。また積雪荷重 600N/m²、地震力(屋根面に作用するせん断力係数 C_i=0.5)を検討する。

5. 数値解析結果

門型の RC フレームを含めた全体屋根架構モデルにより立体解析を行なった。図 5 に X11 通りの検討結果を示す。自重時の張弦梁中央の鉛直変位は設計寸法に対して $\delta=5\text{mm}$ (上向き)となった。この鉛直変位と張弦梁スパンとの比は $\gamma=1/7060$ と極めて小さいため、製作・施工キャンバーを架構に設けない計画とした。WL2 時において、ケーブル材に発生する圧縮力(-26kN/2本)は自重時の初期張力(+54kN/2本)に対して 46%であり、張力消失は生じない。

まとめを(その 2)に示す。

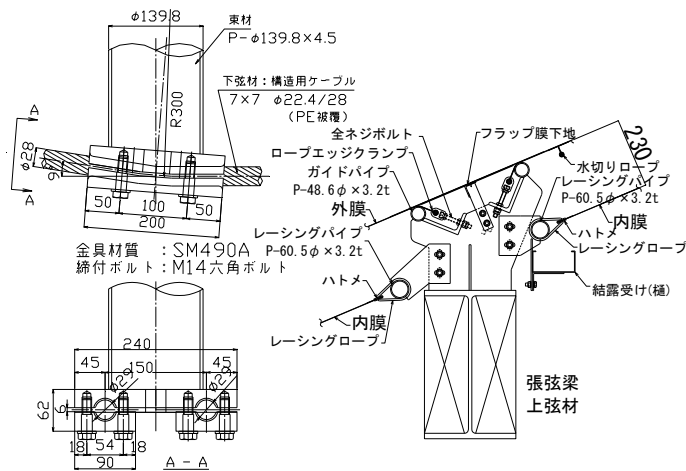


図 2. 束下接合金物

図 3. 膜定着部ディテール

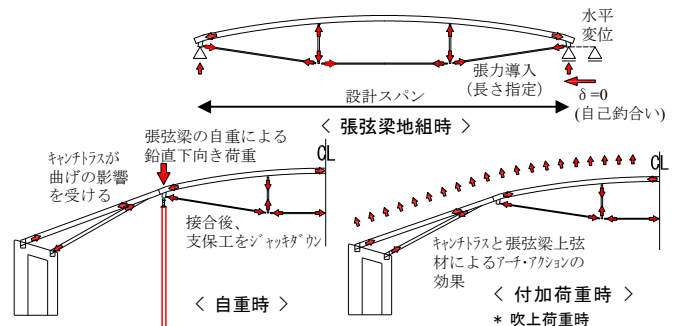


図 4. 複合式張弦梁構造の基本性能

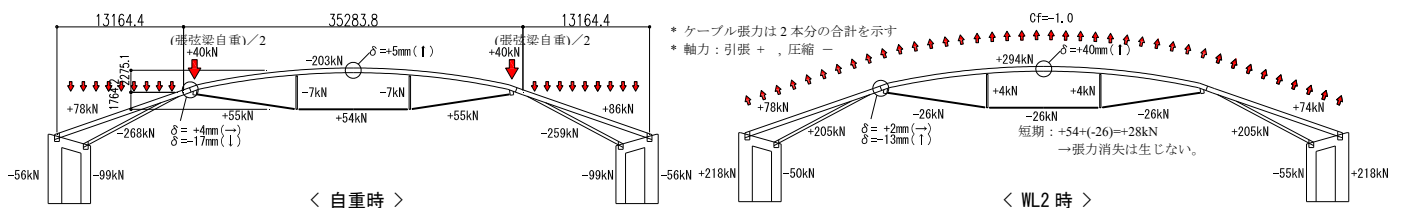


図 5. 数値解析結果(X11 通り)