栃木県総合運動公園陸上競技場

環境を”かたち”にするスタジアム

宇都宮市郊外の住宅地に囲まれた総合運動公園の中心施設として計画された、第一種陸上競技場兼 J1 基準サッカースタジアム（約 25000 席）である。

巨大施設の周辺環境に配慮した”かたち”、競技場内の天然芝育成に適したオープン屋根の”かたち”、そしてフィールド内の最適環境を追求する”かたち”、これら３つの”かたち”を、栃の葉をモチーフとした南北を低く、東西を高くした、うねりのある大屋根で覆った環境共生スタジアムとして実現した。

屋根のうねりは、適量な風・光をフィールドに呼び込み、メインスタンド上部の高い屋根は風を捕まえ（ウインドキャッチ）、風を取り込む。

南西外観

”かたち”の持つ力学的効果を組み合わせる

屋根は栃の葉をモチーフとした大小６つのアーチによって、スタジアム特有の巨大建造物が周辺環境にやさしく馴染むよう、３次元にうねるスタジアムの形態を利用した構造デザインとした。

アーチ効果、リング効果、Ｖ字柱効果など、”かたち”の持つ力学的効果を組み合わせ、葉脈にも通じる構造の「骨」をデザインした。

「開く」→「閉じる」PC 緊張、タガ効果（フープ効果）、「倒れる」→「支える」コンプレッション効果など、建物の動きを力学的効果を持つ骨（架構計画）とバランスさせた。全体架構は、観客席を受けるスタンド架構と屋根架構が相互に作用する安定した構造デザインとした。

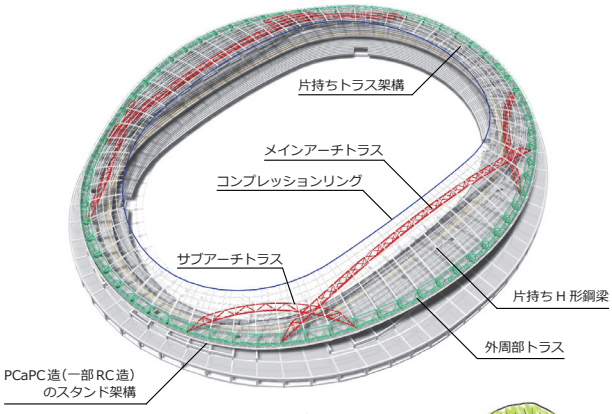
スタジアム内観

アーチ + リング形状を利用した合理的な屋根架構

屋根は緩やかな曲面をもった形態をアーチ効果として利用した 6 枚の栃の葉を重ねたイメージのトラス構造としている。このトラスは剛性の高いアーチトラスを 3 本ずつ交差する形状とした。交差させた形状とすることで、屋根面内の剛性を高め、水平ブレースを設けない架構を実現している。

南北のサイドスタンド側は、屋根先端部のコンプレッションリングを利用した片持ちトラス架構とし、フィールドまでの風の通り道を確保するよう、屋根高さを抑えた。また、屋根の形状は芝育成に必要な日射量と通風に配慮したうえで、アーチ効果が期待できるライズとし、メイン・バックスタンド上空では風を屋根で受け止め、フィールドに旋回気流を生み出すウインドキャッチ効果を与えた。

屋根仕上材は軽量で耐久性の高い膜を採用し、加えて、屋根鉄骨は剛強な PCaPC 造（一部 RC 造）のスタンド架構と一体化し、屋根鉄骨量の軽減を実現した。



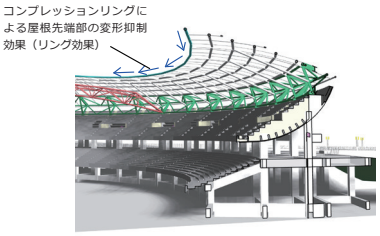
アーチ + リング形状の屋根架構

栃の葉（イメージ）

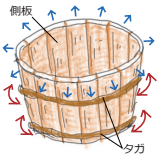
ボウル状連続体のスタンド架構

スタンド架構は、桶の構造と同様である。桶の側板に相当する部位が放射方向に配置した段梁、タガに相当する部位が周方向に配置した周方向梁となる。桶の構造は、側板を圧入することでタガに緊張力を導入しているが、同様に、スタンド全周に渡って周方向梁を PC 緊張力で締め付けることで一体化している。

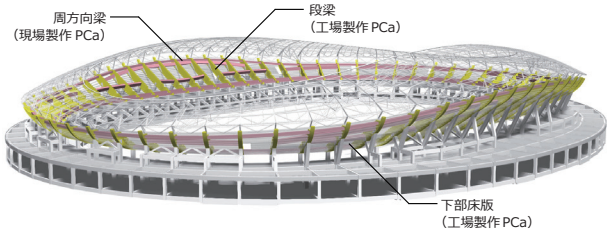
特徴的な 3 次元形態は一見すると複雑であるが、段梁の全長を変化させるだけで、放射方向の軸組は単純である。周方向梁は現場製作 PCa 部材とし、段梁と周方向梁は現場 PC 緊張により圧着接合とすることで、施工性に配慮している。



コンプレッションリングの効果



桶の構造（イメージ）



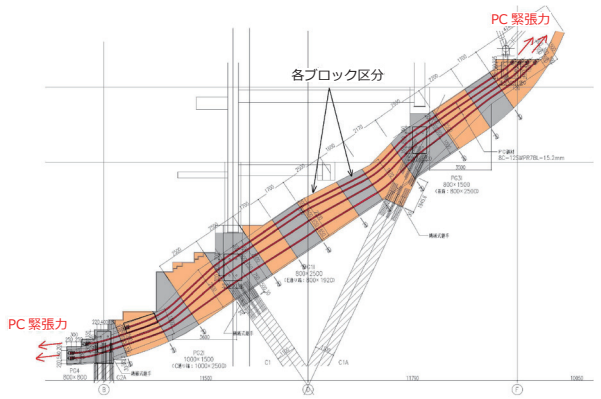
ボウル状連続体のスタンド架構

ダイナミックで軽快感のある PCaPC 造の段梁の構築

スタンド架構の長期荷重を支持する放射方向フレームは、スタンドを形成する段梁と直立柱と V 字柱で構成し、段梁の全長を変化させることで、3 次元形態の骨格を形成している。

段梁は外周に向かって、最大 8m 程度を張り出し、その先端部で屋根架構を支持している。段梁には客席が直接設置されるため、高い強度と剛性を付与し、さらに段梁の下面は、立面ファサードを形成する部位でもあるため、美観に配慮した。

段梁は梁せい 2.5m の大断面梁とし、運搬可能な 25t 以下のブロックに分割した工場製作 PCa 部材を現場ヤード内で一体化して、大ブロック化一括建方工法で架設したダイナミックで軽快な架構とした。

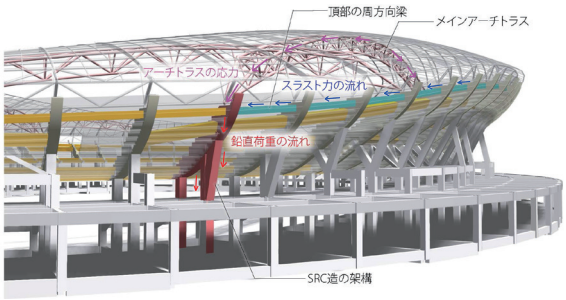


段梁の PCa 割付（段梁最長部）

屋根アーチトラス直下の架構

屋根の架構は 6 本のアーチトラスで屋根重量の約 50% を負担しており、このうちメインスタンド側とバックスタンド側にそれぞれ架かるメインアーチトラスで約 50%（全体重量の約 25%）を負担している。このメインアーチトラスは鉛直荷重に加え、トラスが外側に開こうとする水平荷重（スラストカ）が生じる。これらは大きな応力が集中的に生じる部位であるため、鉛直荷重についてはスタンド架構を SRC 造とすることで、屋根鉄骨から直接、応力伝達できる架構とし、水平荷重は、スタンドの段梁頂部の周方向梁に導入するプレストレス（PC）により力学的に自己完結した形態とした。

屋根鉄骨から伝達されるスラストカに対してコンクリート躯体の安全性は 3 次元ソリッド要素を用いた FEM 解析により検証している。



アーチトラス直下の架構と力の流れ

メインゲート部の V 字柱と下部床版