

木質構造の今とこれからの技術

システム科学技術学部 建築環境システム学科

1年 B20C018 佐藤萌愛

1年 B20C035 松浦志穂

指導教員 システム科学技術学部 建築環境システム学科

准教授 菅野秀人

教授 西田哲也

1. はじめに

木質構造（木造）にはどのような技術があるのか？2020年の東京オリンピックに向けて着々と建設が進んでいる新国立競技場に注目して調査した。新国立競技場の構造について調査するため、新国立競技場に関する情報を書籍・インターネットで収集して構造の特徴を調べた。さらに、実際に現場見学に行き、図面だけではわからない情報を収集した。以上をふまえて、構造模型を作成し、さらに理解を深めた。

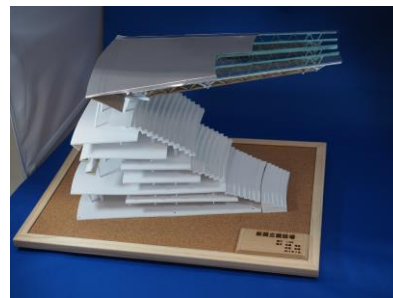
2. 資料調査

新国立競技場は、明治神宮外苑に隣接し、東京都新宿区と渋谷区にまたがる競技場で、2020年の東京オリンピックに向けて整備が進められている。国立競技場（正式名称は国立霞ヶ丘競技場・陸上競技場）の全面建て替え工事によって建設されている。設計・施工は、大成建設・梓設計・隈研吾建築都市設計事務所共同企業体が行っている。主要躯体の構造は、鉄骨造、一部鉄骨鉄筋コンクリート造の構造になっていて、地上5階、地下2階の約47.4mの高さの建築物である。敷地面積は約113,000m²で、延べ面積は約194,000m²の規模である。事業工期は2016年10月～2019年11月で、現在は地上躯体や屋根がほぼ完成し、内外装の仕上げ工事などが進められている(2019年3月現在)



新国立競技場外観

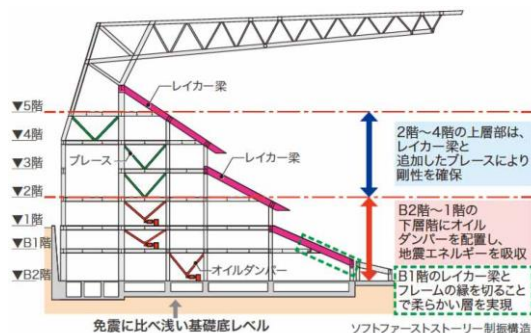
(大成建設・梓設計・隈研吾建築都市設計事務所 JV 作成/JSC 提供)



製作した模型

新国立競技場の躯体は、性能、経済性、工期および建築計画との整合性などを総合的に勘案し、ソフトファーストストーリー制振構造が採用されている。これにより地域の防災に貢

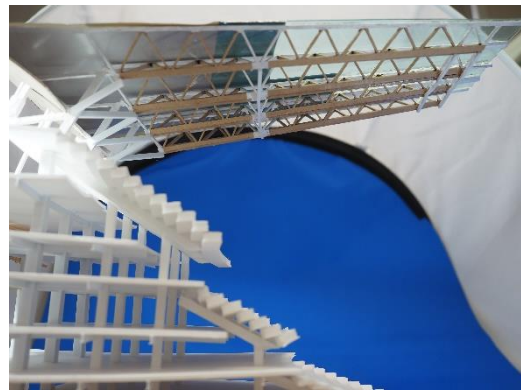
献できる耐震性の高いスタジアムを目指している。スタンド上層階は観客席を斜め梁（レイカー梁）を有効に利用した高い耐震性を持つブレース構造となっている。B2階～1階の剛性の小さい下層階（ソフトファーストストーリー）に中小地震から大地震まで性能を発揮できるオイルダンパーを集中的に設置し、地震エネルギーを効率よく吸収することで高い耐震性能を実現する制振システムをつくっている。これによりスタンドと屋根の加速度を抑えることができ、天井や屋根吊り物の揺れの低減を図っている。



ソフトファーストストーリー構造

(大成建設・梓設計・隈研吾建築都市設計事務所 JV 作成／JSC 提供)

大屋根は、高さとボリュームを抑えたスタンドに金属仕上げにより勾配を抑えた方持ち形式を採用し、外苑西通りからの高さを 50m に抑制している。また、屋根を支持する外周柱の上部を斜めに折り壁面を後退させることで周辺への圧迫感を軽減した神宮外苑の環境への配慮を重視した屋根の形状である。その構造は、木材と鉄骨の長所を生かしたハイブリッド構造となっている。国産木材の積極的な利用により木の持つ温



かな質感で観客を包み込むことを意図している。剛性が必要なトラス下弦材にはカラマツ、それ以外にはスギを使用している。これにより林業・木材産業の活性化を促すとともに、公共建築における木材の普及を世界にアピールする狙いがある。

大屋根を構成するトラスは鉄骨を集成材ではさんだハイブリッド構造で、下から見上げた時に木のボリュームが感じられるデザインとなっている。調達、加工が容易な中断面の集成材を用い、合計で約 1800 m³使用されている。スタジアムの機能に必要な照明やスピーカー等を含む屋根の長期荷重については鉄骨のみで負担し、風などの短期荷重に対しては、木材と鉄骨により変形を抑える。大屋根の木材は耐久性を考慮し、加圧注入処理を施した高耐久木材を使用している。外装軒庇にもこれと同じ木材が用いられている。

照明、スピーカーなどの設備機器が取り付け屋根先端部および中央部にリングトラスを形成している。建設時の屋根は片持ちトラスとして自重を負担するが、屋根完成後はリングトラスにより屋根全体を一体化させて剛性を高め、地震や風、積雪などの短期荷重に抵抗する。

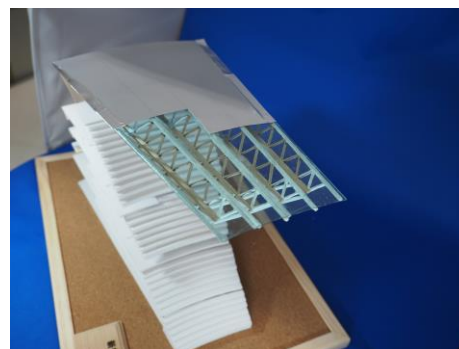
大屋根の仕上げは金属パネルとガラスを使用している。この両方は、景観に配慮することができ、雪対策を取ることでもでき、維持管理が簡単な箇所が利点としてあげることができる。

先端のガラスには薄膜太陽電池を設置することで、環境負荷の低減をすることができている。また、トップライトを南側に配置することで、天然芝に効率よく自然光を取り込むことができるようになっている。この形状にすることで、冬季の天然芝育成にも最も適した形になっている。

庇全体は、全周を連続した縦格子で仕上げている。外壁を「線」で構成することで、「和」を想起させる繊細な陰影が周囲の木々に溶け込み、長大な屋根や壁面による圧迫感を軽減させることができている。

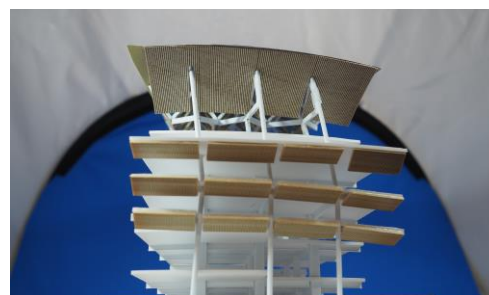
建物外周庇の軒裏にはスギの縦格子を使用することで、スギの温かみのある質感が日本らしいスタジアムの外観を創ることが可能になっている。また、水平方向にも高さ方向にも展開した「繰り返し」の構成により、日本らしさをより強調することが可能になっている。そして、最高の高さ 50m 以下に抑えることで、軒庇の水平ラインを強調しているようになっている。軒先の先端部には雨がかりとなりやすいため、加圧注入を施した高耐久木材を使用し、金物の笠木で保護することで、耐久性を高めている。

屋根の大庇は、格子の幅で風の量を調節できるようになっている。夏は季節風を取り込むために、「風の大庇」の格子を密にして、風を取り入れる仕組みになっている。一方で、冬季の北風に対しては、格子の間隔を拡げて、風を受け流すようにしている。風の量を調節すること



シースルー膜太陽電池

(大成建設・梓設計・隈研吾建築都市設計事務所 JV 作成/JSC 提供)



断面ダイアグラム

(大成建設・梓設計・隈研吾建築都市設計事務所 JV 作成/JSC 提供)

で、上層スタンドへ風を導き、フィールドが日射により暖められることで発生する上昇気流を有効利用し、スタジアム内の熱と湿気を上部から排出することも可能である。

3. 現地調査

11月23, 24日に現地調査を行なった。はじめに近隣の大学病院内から建設現場を眺望(a)し、次に外周を回って見学した。屋根は覆われ資材などが乗っっていて、囲いがあったため中の様子はほとんど確認できなかったが外から見上げた庇の様子(b)などはじっくりと観察することができた。庇のルーバーはすでに完成しており、下から見るとルーバーの間隔が階ごとに異なることが分かった。また、思っていたよりも厚さの薄い木の板が使われていた。

屋上階の円周方向には鉄骨ブレースが配置されており、斜め柱と方杖の鉄骨には、ボックスカパーがついているが、接続する梁にはカバーされていなかった。また、屋根に用いられる金属パネルは分割して組み立てられるため1枚ごとに隙間が開いているのを見て取れた。

各層の床部分には配管のための穴が開いていた(c)。敷地外でも電気工事や水道工事が行われていて、大規模な建築ではインフラ設備の増設も重要であることが分かった。また、隣接している東京体育館やその他の周辺施設でも同様に改修工事が行われていて、東京オリンピックに向けた動きを見て感じる事ができた。



(a)



(b)



(c)

4. まとめ

新国立競技場の構造について、書籍・インターネットで情報を収集してその特徴を調べた。さらに、実際に現場見学に行き、図面だけではわからない情報を収集し、構造模型を作成した。新国立競技場には、木で造られた庇など今の木造住宅で使われている技術の応用が見られた。大屋根を支えるトラスは、I形鋼を集成材で挟んだハイブリッド構造が用いられ、これは長期荷重と短期荷重の両方に抵抗できる画期的なこれからの技術が取られていた。

また現地調査では、図面では読み取れなかった円周方向の様子がよく分かり、構造模型の製作に有用であった。模型の製作では、複数の図面を丁寧に読みとって空間を作ることが大事であることが分かった。

参考文献

大成建設・梓設計・隈研吾建築都市設計事務所：新国立競技場整備事業技術提案書

日本スポーツ振興センターウェブページ：<https://www.jpnsport.go.jp>