

## サッカースタジアムの屋根構造に関する基礎的研究 構造計画および風による偏分布荷重について

### Fundamental Study on Roof Structure of Football Stadium

#### On The Structural Design and The Uneven Distribution Load by The Wind

○櫛島 凌<sup>1</sup>, 石鍋 雄一郎<sup>2</sup>, 中島 肇<sup>2</sup>

Ryo Nudeshima<sup>1</sup>, Yuichiro Ishinabe<sup>2</sup>, Hajime Nakajima<sup>2</sup>

Abstract: Although the roof of the football stadium shades the audience from wind and rain, an opening of central part is needed to take in sunlight for growth of lawn. In addition, more than around 40m becomes essential to cover all seats by a roof at this type of stadium. However, some football stadiums of the small and medium size scale cover only 1/3 or less of the seat for now. In order to satisfy these conditions, selection of the frame system and evaluation of the wind load are indispensable. Although this study aims to grasp the structural behavior by carrying out the structural planning and numerical analysis of the ring truss that can be expected to have an effect on the uneven distribution load, structure planning is discussed in this paper.

#### 1. はじめに

サッカースタジアムの屋根は観客への雨風を防ぐ役割を担う一方、芝生の養生のために太陽光が必要であり中央部に開口部を設ける屋根形状になっている。またこの種のスタジアムでは観客席の全てを屋根で覆う条件<sup>1)</sup>に従い、40m程度を超えるスパンを有する架講が必須となる。しかし観客席の1/3も覆っていない中小規模のサッカースタジアムもあるのが現状である。これらの条件を満足するためには、構造計画初期段階において、「架講システムの選定」と支配荷重である「風荷重の評価」に対する適切な判断が不可欠になる<sup>2)</sup>。

「架講システムの選定」において、スタンドを覆う屋根架講は (a) ケーブルが放射状に配置され、リングで繋がれた放射型ケーブル形式と (b) 補剛ケーブルを持つ片持梁形式、(c) アーチなどによる先端支持単純梁形式の3つに大別できる<sup>3)</sup>。海外のスタジアムの架講は (a) を採用している場合が多く、我が国の大規模サッカースタジアムは (b) あるいは (c) がほとんどである。また現在施工されている新国立競技場では新たにリングトラスを用いた梁形式（以下リングトラスと称す）が採用された。

「風荷重の評価」において、既往の研究では片持梁形式における風洞実験や風力分布性状等が把握され、片側スタンドに対する検討がされているが、スタンド全体の風荷重における偏分布についての風洞実験や解析による検討は発表されていない<sup>4)</sup>。

本研究では偏分布荷重に対しての効果が期待できるリングトラスの構造計画および数値解析を行い、構造挙動を把握することを目的とするが、ここでは構造計画について報告する。

#### 2. 構造概要

開口部内に JFA（日本サッカー協会）が規定するフィールド 125m×85m<sup>1)</sup>が入るように、楕円形の平面屋根形状を対象とする。屋根の片持ちトラス長さを 60m、トラスせいを 5m とし、リングトラスを 30m 間隔で設ける (Fig.1)。リングトラスを設けたシステム 1（提案モデル）、斜張ケーブルとバックステイを設けたシステム 2（支持点にストラットを設けて吊りケーブルとバックステイを連続させる）、システム 2 に吹き上げ防止ケーブルを設けたシステム 3 を提案する (Fig.2)。

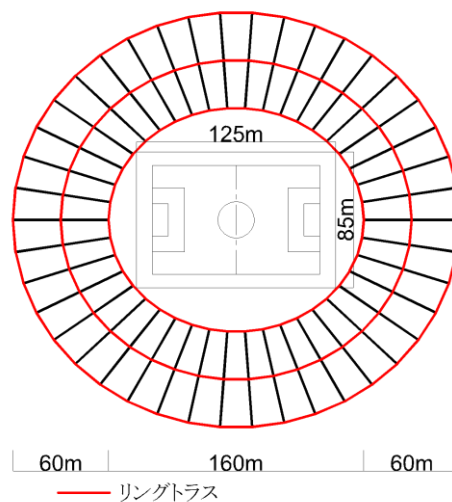


Figure1. Analysis Model Ground plan

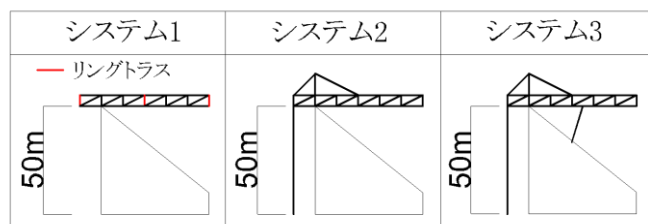


Figure2. List of Systems Elevation

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大理工・教員・建築

3. 構造計画

部材断面の検討時は 2 次元で計算を行う。各スタジアムのデータを参照にし、風力係数を吹き上げ時最小 -1.5, 吹き下げ時最大 +1.0 として想定した<sup>4)</sup>。リングトラスはトラス梁と同じ部材断面とする (Fig.3, Tab.1)。またシステム 2, 3 の放射ケーブルは剛性確保のためにケーブルの長期許容張力の約 30% の値 (672kN) を自重時の初期張力として導入した。

3 次元解析では、屋根仕上げ材を金属として、自重 (G) は 1500N/m<sup>2</sup> とする。また風荷重を算出する際、速度圧は屋根面高さを 50m と仮定し、地表面粗度区分は III (新宿区を想定)、基準風速は 34m/s を採用した (q=2000N/m<sup>2</sup>)。自重 (G) と自重+吹き上げ荷重 (G+W<sub>v</sub>) の 2 パターンについて検討する。

スタジアムのような建物の場合、屋根形状、建設地周辺の状況、風向により屋根面に作用する風力係数は全く異なる<sup>4)</sup>。またスタンド全体における風荷重の偏分布において、本来は風洞実験等において得られた風力係数を設定することが望ましいが、今回は既往の研究を参考にし、仮定する (Fig.4)<sup>2)</sup>。

システム 1, 2, 3 に設計荷重をそれぞれ載荷し解析を行う (Fig.5, Fig.6)。

4. まとめ

本論ではリングトラスを用いた提案モデルと補剛ケーブルを用いたシステムの構造計画を行った。

今後は構造解析により、構造システムの相異およびリングトラスの効果を検討する予定である。

5. 参考文献

- 1) 財団法人 日本サッカー協会：「スタジアム標準サッカースタジアムの建設改修にあたってのガイドライン」, p1. p16, 2018
- 2) 斎藤 公男他：「競技場スタンドを覆う片持式屋根構造の構造計画および風荷重に関する研究 (その 1), (その 2)」, AIJ 大会 (滋賀), 1996
- 3) 斎藤 公男他；「サッカースタジアムにみる構造デザイン」, 月間鉄鋼技術, No.6, p44, 2002
- 4) 斎藤 公男他：「最近のスタジアムにおける計画と技術」, 建築技術, No.4, p118, 2002

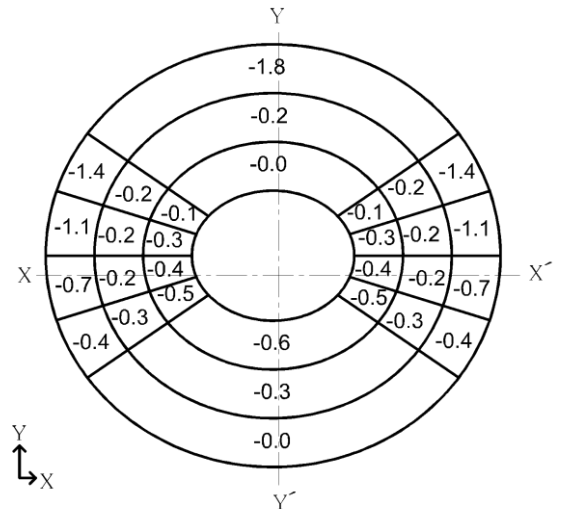


Figure4. Wind Force Coefficient

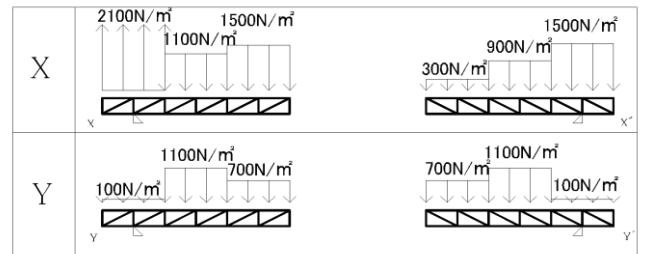


Figure5. Design Load (G+W<sub>v</sub>)

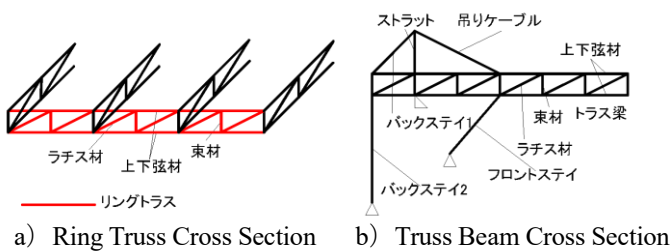


Table1. List of Materials

Figure3. List of Materials

リングトラス	上下弦材	H-400×400×13×21 (SN490)
	ラチス材	H-400×400×13×21 (SN490)
	束材	H-400×400×13×21 (SN490)
トラス梁	上下弦材	H-400×400×13×21 (SN490)
	ラチス材	H-400×400×13×21 (SN490)
	束材	H-400×400×13×21 (SN490)
フロントステイクーブル	構造用スパイラルロープφ90(ST1570, 1×217)	
吊りケーブル	構造用スパイラルロープφ90(ST1570, 1×217)	
ストラット	P300×19(SN490B)	
バックステイクーブル 1	構造用スパイラルロープφ90(ST1570, 1×217)	
バックステイクーブル 2	構造用スパイラルロープφ90(ST1570, 1×217)	

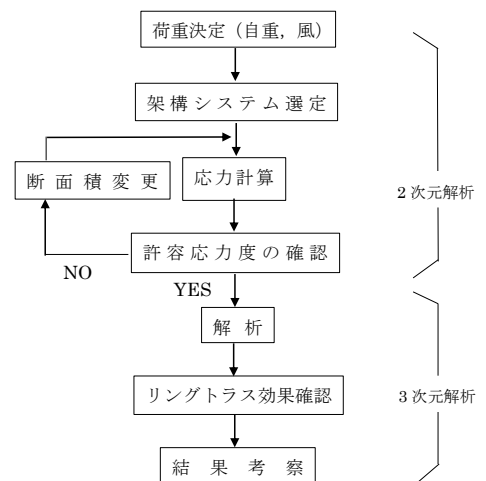


Figure6. Analysis Flow Chart