

B-45

大規模サッカースタジアムにおける形態抵抗系を活用した構造計画について About Structural Planning Utilizing Form Resistance System in Large-scale Soccer Stadium

○安部健登¹, 石鍋雄一郎², 中島肇³

*Kento Abe¹, Yuichiro Ishinabe², Hajime Nakajima³

Abstract: While the roof of the soccer stadium plays a role in preventing rain and wind from the spectators, sunlight is required to cure the lawn. The cantilever method, which has a lot of achievements in Japan, is a bending resistance system, and is generally characterized in that the main material can be designed as a flat frame. On the other hand, by adopting a curved structure with a large opening on the roof surface, we can expect a morphological resistance system for the entire roof frame. The purpose of this study is to propose a stadium roof frame that utilizes a morphological resistance system. The purpose of this report is to create a model in which the shell model is replaced with a lattice beam, compare it with the shell model, and confirm the stress flow during the lattice beam.

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る。このためJFA（日本サッカー協会）により開口部を設け、スタンド全体を覆うことが規定されている。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ことが推奨^[1]されているため、片持ち梁の跳ね出し長さ40m程度を超えるスパンを有する架構が必須となる。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存在しているのが現状である。

スタンドを覆う屋根架構として片持ち梁方式と斜張式片持ち梁方式などがあげられる^[2]。国内での実績の多い片持ち梁方式は曲げ抵抗系であり、一般には平面骨組として主材を設計できるところに特徴がある。一方、屋根面に大開口を有する曲面構造とすることで、屋根架構全体として形態抵抗システムを期待出来る^[3]と考える。

本研究では形態抵抗系を活用したスタジアムの屋根架構の提案を目的とする。本報では格子梁を連続体シェルモデルに置換したモデルを作成し、シェルモデルと比較するとともに格子梁モデルの応力の流れを確認することにより形態抵抗系であることを確認する。

2. 数値解析概要

2-1. シェルモデル解析概要

スパン240m、ライズ12m、開口140m、ライズ/スパン比0.05の球面形状をした曲面構造を対象とする（Figure1, 2）。境界条件はテンションリングを設けたローラー支持とし、テンションリングおよび開口部に設けたテンションリングは900φ×50とする。荷重条

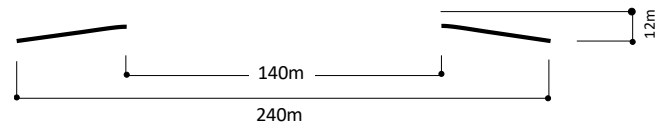


Figure1 Shell cross section

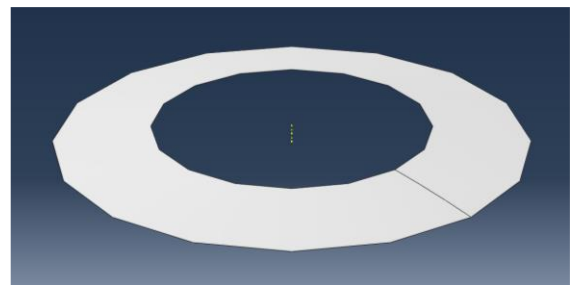


Figure2 Shell analysis model

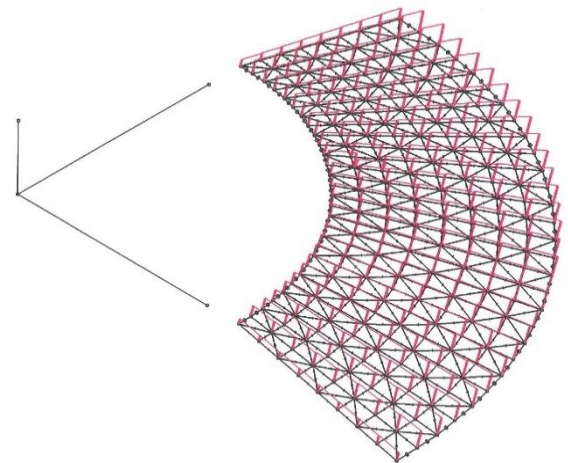


Figure3 Lattice beam analysis model

Table1 model overview

モデル	名称	断面	断面積	断面二次半径	等価シェル厚	ヤング係数	部材長さ
シェル	シェルモデル	H-400×400×13×21	-	175mm	606~600mm	1356N/mm ²	-
	H-400×400		21870mm ²				
格子梁	H-400×200	H-400×200×8×13	8337mm ²	168mm	-	205000N/mm ²	6300mm

1：日大理工・院(前)・建築, Graduate Student, Nihon Univ.

2：日大短大・教員・建築, Associate Professor, Junior College, Nihon Univ., Dr.Eng.

3：日大理工・教員・建築, Professor, College of Science and Technology, Nihon Univ., Dr.Eng.

件は自重 1.5kN/m^2 の鉛直荷重とする。

スペースフレーム設計・解析・施工^[3]により、連続体置換法を用いて (1) 式により等価シェル厚, (2) 式によりヤング係数を設定する。ラチス部材に, H-400×400×13×21 を使用した置換後のシェルモデルでは, 等価シェル厚は 600mm となる (Table1)。

$$t_{eq} = 2\sqrt{3} \times r_g \quad (1)$$

t_{eq} : 等価シェル厚, r_g : 断面二次半径

また, 等価ヤング係数は 1356N/mm^2 とする。

$$E = \frac{AE_s}{3r_g l} \quad (2)$$

A: 断面積, E_s : 鉄骨のヤング係数, l: 部材長さ

2-2. 格子梁モデル解析概要

スパン 240m, 開口 140m の格子梁状を対象とする (Figure3)。境界条件はシェルモデルと同様に, テンションリングを設けたローラ支持とし, 開口部にコンプレッションリングを設ける。両リング共に $900\phi \times 50$ とする。部材断面は H-400×400×13×21 と H-400×200×8×13 の 2 種類とし, 梁, プレース共に同断面とする (Table1)。また, 荷重条件は自重 1.5kN/m^2 とし, 直交方向の梁に等分布荷重を与える

(Figure3)。

3. 解析結果

格子梁モデル H-400×400 は, これを置換したシェルモデル鉛直変位と概ね一致良く一致していて, 形態抵抗系が得られている。一方, H-400×200 の変位が大きいことが分かる (Figure4)。

経線方向軸力は, 2 つの格子梁とシェルモデルで傾向は一致しているものの, 相違が見られる。一方, 2 つの格子梁モデルは膜応力と一致していることから形態抵抗系が形成されていることが考えられる。境界条件が無い膜応力状態に対し, シェルモデルや格子梁モデルでは境界部にテンションリングを設けている為, 境界部で相違が見られる格子梁モデルは H-400×400 と H-400×200 に大きな差は見られなかった (Figure5)。

曲げモーメントにおいて, シェルモデルと格子梁モデルで近い値を示していることが確認できる (figure6)。

このことから, 格子梁モデルも軸力抵抗型になっており, 形態抵抗系の特徴が見られていると考える。また, 同じ様な挙動を示していることも確認できた。

4. まとめ及び今後の検討

本報では, シェルモデルと格子梁モデルでの比較, 検討を行った。

シェルモデルと格子梁 H-400×400 では, 変位, 軸力, 曲げモーメント共に同様の傾向がみられ, どちらも軸

力抵抗となっており, 形態抵抗系が形成されているのではないかと考える。

今後は, 支配荷重である風荷重時の主応力を分析し, より適切な部材配置を検討するとともに, 形態抵抗系を活用したスタジアムの新たな構造システムの提案の検討を行っていく予定である。

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」, p. 1, p. 16, 2018 年
- [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 年
- [3] 日置興一郎, 半谷ら:「スペースフレーム (立体格子構造) 設計・解析・施工」, pp. 156-157, 1983 年 3 月

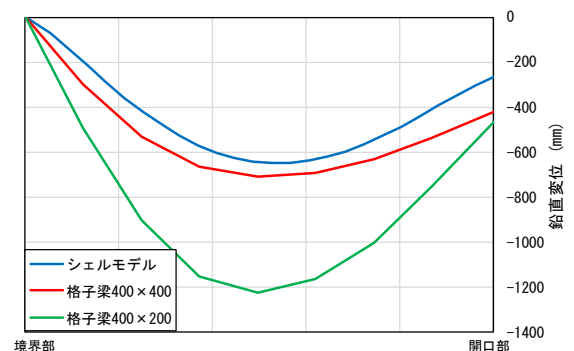


Figure4 Displacement

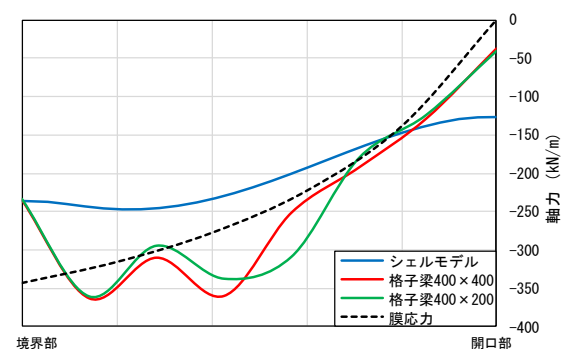


Figure5 Axial Force

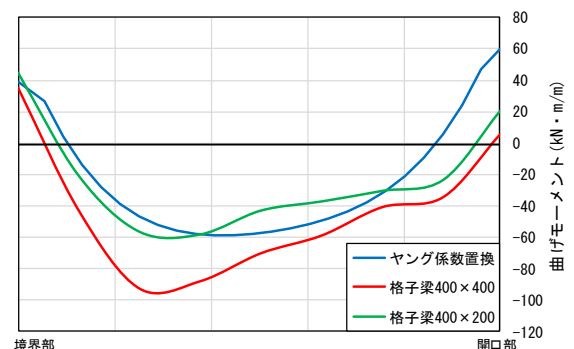


Figure6 Bending Moment