

円弧トラス屋根を有する体育館の設計 その1 構造計画概要

正会員 ○小俣 慶太*
正会員 鈴木 光雄*

円弧トラス 座屈 幾何学的非線形

1. はじめに

本建物は栃木県の JR 小山駅東口に面する白鷗大学東キャンパスの体育館（アリーナ）である。アリーナ空間は梁間方向スパンを 32.4m、桁行方向を 5.4m×8 スパン（43.2m）のフレームで構成しており、バレーボールコート 2 面を収容する。アリーナ室内は、印象的な空間の試みとして、屋根を支持するトラスの下弦材に円弧状の曲線部材を採用している（図 1）。

本報その 1 に屋根架構を含む建物全体の構造計画概要を示し、その 2 に円弧トラス屋根架構の幾何学的非線形性を考慮した構造安定性の確認結果を示す。

2. 建物全体架構の構造計画

建物全体は 64.8m×36.0m の長方形平面で、最高高さ 17.2m の建物である。構造種別は鉄骨造で、アリーナ屋根部（金属屋根）を除き、床面はフラットデッキ型枠を用いたコンクリートスラブである。1 階から屋根部まで吹き抜け（図 2：BX5～13 間）となるアリーナ部分は、エントランスホール、更衣室、便所等からなる 3 階建て部分（図 2：BX1～5 間）と一体となっており、特にアリーナ部分の短手方向のフレーム剛性が、BX1～5 間に比べ小さくなる懸念があるため、アリーナ側妻面の BX13 通りに座屈拘束（アンボンド）ブレースを配置し、偏心率の調整を図った。

3. アリーナ屋根架構の構造計画

図 3、図 4 に示す通り、アリーナ部分は屋根面直下にハイサイドライトを設けた凸型の断面形状としている。凸型の立上り部分は 25.2m スパンであり、スパン両側に屋根荷重を支持し、地震時の水平力に抵抗する座屈拘束（アンボンド）ブレースを配置している。円弧トラスは、鉄骨柱、大梁、アンボンドブレースからなる梁間方向のメインフレームに対して、半スパンずらした位置（桁行方向 5.4m スパンの中間）に配置している。地震力を負担するメインフレームから外して配置し、円弧トラスに鉛直荷重のみを負担させることで、部材のスリム化と軽快な表現が可能となった。スパン両側のアンボンドブレースの頂部には、トラス直交方向に張弦梁を設けており、鉛直剛性の高い円弧トラスで受けた屋根荷重をアンボンドブレースに伝達させている。

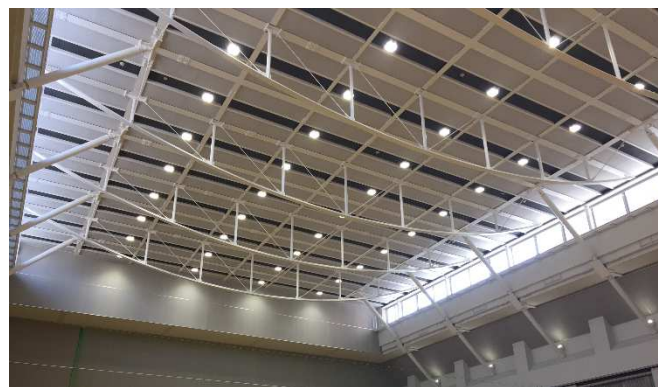


図 1 アリーナ内観写真

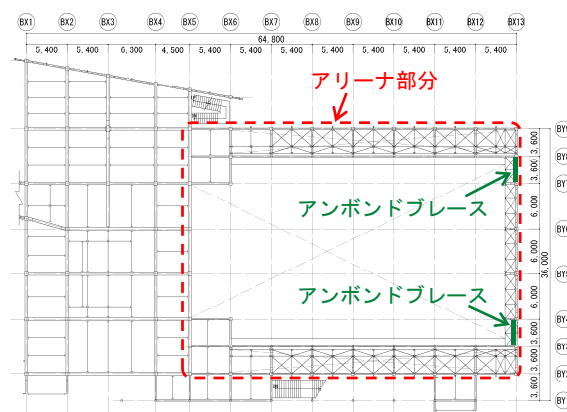


図 2 建物全体 2 階略伏図

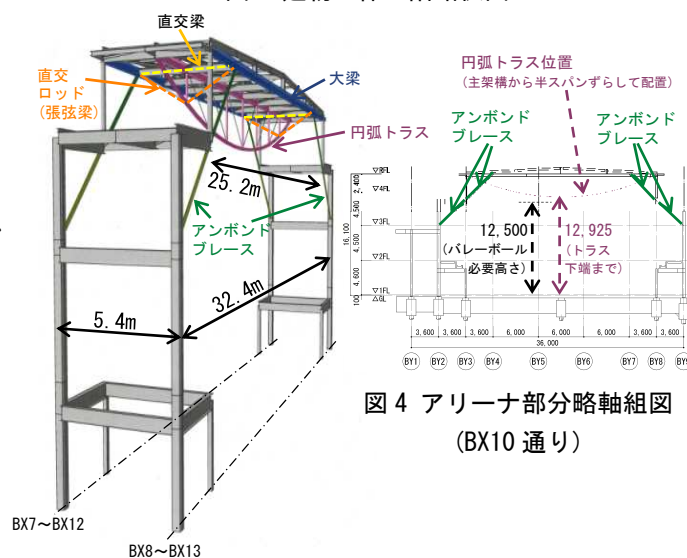


図 3 アリーナ部分構造概要図

図 4 アリーナ部分略軸組図
(BX10 通り)

4. 円弧トラスの部材構成

図6に示すように円弧トラスはH形鋼上弦材、鋼管ポスト、テンションロッドによる斜材、および曲線状に加工したT形鋼下弦材により構成している。また、材端から3600mmの位置にもトラスと直交する方向にテンションロッドによる斜材を配置している(図5)。

円弧トラス材の設計荷重は長期鉛直荷重のほか、短期鉛直荷重として上下方向地震動(鉛直震度1.0Gを考慮)、積雪荷重、風荷重、気温上昇時の温度応力を考慮した。部材の長期、短期の許容応力度比(短期/長期=1.5)と、長期、短期荷重の大小関係より、長期荷重が部材断面の決定要因となり、長期荷重に対し、部材断面は極力小さくなるよう設計した(表1)。トラス下弦材は、引張軸力を負担する部材として計画しているが、曲線形状となっていることに起因する付加曲げ($P-\delta$)モーメントについても考慮し、断面設計を行った。また、T形鋼下弦材継手部のフランジ現場溶接部には、下方から見上げたフランジ面にも溶接部ビードが現われるように裏波溶接を採用したほか、部材端部接合部ディテールには鋳鋼製のクレビスを用いる等、軽快な印象が与えられるよう配慮した。

表1 円弧トラス部材断面

部位	断面	鋼種	形状
上弦材	H-300×300×10×15	SN400B	H形鋼
下弦材	BT-125×200×25×22	SN490B	T形鋼(曲線材)
ポスト	○-101.6×9	STKN400B	鋼管
斜材	φ25	690kN/mm ² 級	テンションロッド
直交斜材	φ32	690kN/mm ² 級	テンションロッド

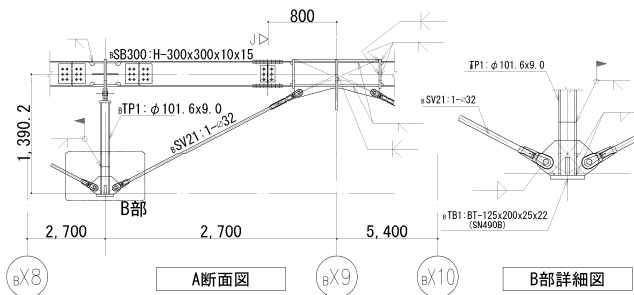


図5 トラス端部・直交方向・張弦梁詳細図

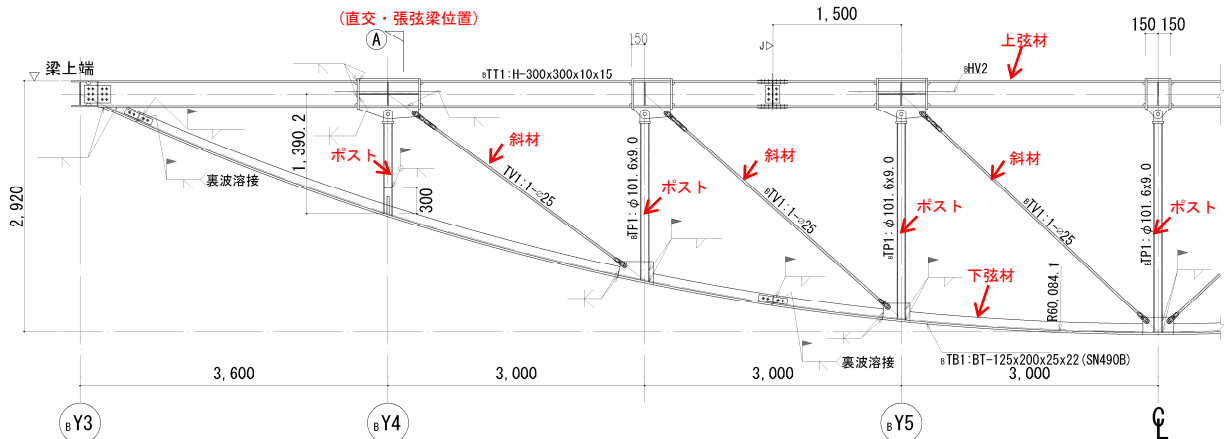


図6 円弧トラス鉄骨詳細図

5. 保有水平耐力の検討結果

設計に際し、構造計算ルートをルート3として保有水平耐力の検討を行った。一般的にはトラス梁は靱性能の評価が困難であり、文献¹⁾では梁部材としての部材ランクをFD(この場合、トラス梁を含む層の構造特性係数 D_s は0.40)とする事例が示されている。ただし、本計画ではトラス梁を地震力を負担しない二次部材としたことで、全体架構の D_s は鉄骨造の最小値である0.25となり、0.40とした場合に比べて必要保有水平耐力 Q_{um} を0.625倍に低減出来ている。表2に、保有水平耐力(層間変形角が1/100時点)算定結果を示す。トラス材配置方向(梁間方向)加力時において、必要保有水平耐力 Q_{um} に対する保有水平耐力 Q_u の比 Q_u/Q_{um} は、最小層(1階)で1.48であり、官庁施設の耐震基準²⁾における耐震安全性の判定においてII類($Q_u/Q_{um} \geq 1.25$)相当の耐震性を確保している。アリーナ屋根を支えるフレームは、大地震後も鉛直荷重を支持できるようアンボンドブレース含め部材の塑性化を制御した。この結果、2階以上の Q_u/Q_{um} は1.9を確保する結果となった。屋根を支持するアンボンドブレースは、保有水平耐力 Q_u の1.3倍程度の水平力に対しても軸降伏しないことを確認している。

6. まとめ

ロングスパンのアリーナの屋根荷重を負担するトラス梁を、地震力を負担する主架構から半スパンずらして配置するシステムを採用し、比較的スレンダーな部材断面を持つ円弧トラスとして計画した。これにより、高い耐震安全性と、特徴的な内観デザインの両立を図った。

参考文献

- ビルディングレター(2010.11),財団法人日本建築センター,p.32
- 官庁施設の総合耐震・対津波計画基準(平成25年版),国土交通省大臣官房官庁営繕部

表2 保有水平耐力検討結果(梁間方向正加力時)

階	D_s	F_e	F_s	F_{es}	Q_{un} [kN]	Q_u [kN]	Q_u/Q_{un}	
								正加力時
	3	0.25	1,000	1,000	1,000	5755.3	10943.9	1.90
	2	0.25	1,000	1,000	1,000	9226.0	17536.0	1.90
	1	0.25	1,281	1,000	1,281	14485.6	21492.5	1.48