

日本建築学会東北支部構造部会
JSCA東北支部

新国立競技場整備事業の構造概要

—木と鉄のハイブリッド化による高耐久性建築—

大成建設株式会社
顧問
細澤 治

1



6



メインエントランス

7

市民に開かれたスポーツクラスターの拠点

市民の活動をいざなう「大地の杜」と「空の杜」

- 周辺の公園とつながる「大地の杜」や周長約850mの屋上空間「空の杜」により、市民が散策やスポーツに親しむことができる“スポーツクラスターの新たな拠点”となるスタジアムを実現します。



8

空の杜



9

建物の高さを抑えたフラットな屋根構造

50m以下に建物の高さを抑え圧迫感を軽減

- 最大8万人収容対応可能な観客席をコンパクトに配置し、その上部をフラットな屋根構造にすることで、建物の高さを50m以下に抑え、明治神宮外苑の景観との調和を図ります。

建物の高さを低く抑える ↓ ↓ ↓

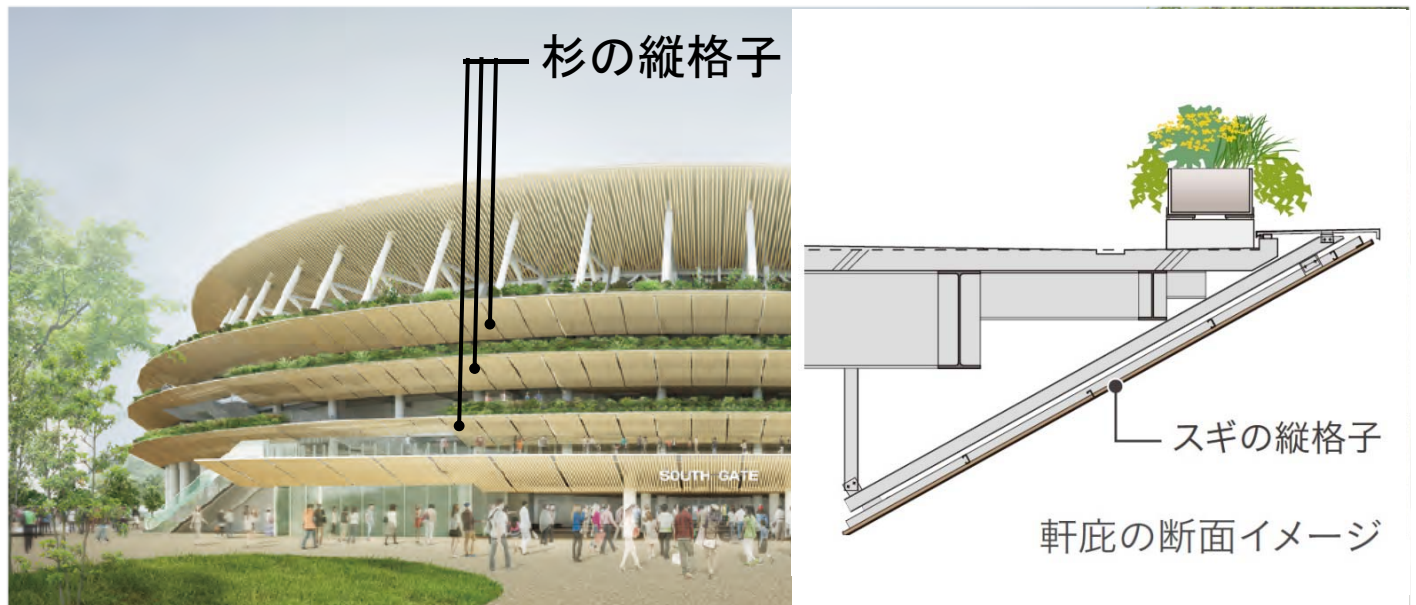


西側立面図イメージ

10

日本の気候・風土・伝統を踏まえた木と緑のスタジアム

日本の気候・風土に適した日本の伝統建築の特徴である軒庇（のきびさし）をスタジアムの外周に設けます。日射と雨を遮り、柔らかな陰影をつくる軒庇は建築と環境を緩やかにつなげ、自然と調和する日本らしいスタジアムを創出します。



「和」を想起させる、縦格子の「繰り返し」のデザイン

11

観客を包み込む木材を利用した大屋根と軒庇

大屋根トラスへの木材利用

- ・大屋根トラスに用いる部材は十分な強度のある鉄骨を主体としつつ、地震や強風による変形を抑えるための木材を組み合わせたものとします。
- ・トラスの木材には、カラマツとスギの2種類の中断面集成材を用います。
- ・集成材は、耐久性を考慮し雨掛りを避けた屋根裏で用います。



大屋根のトラスへの木材利用イメージ

12

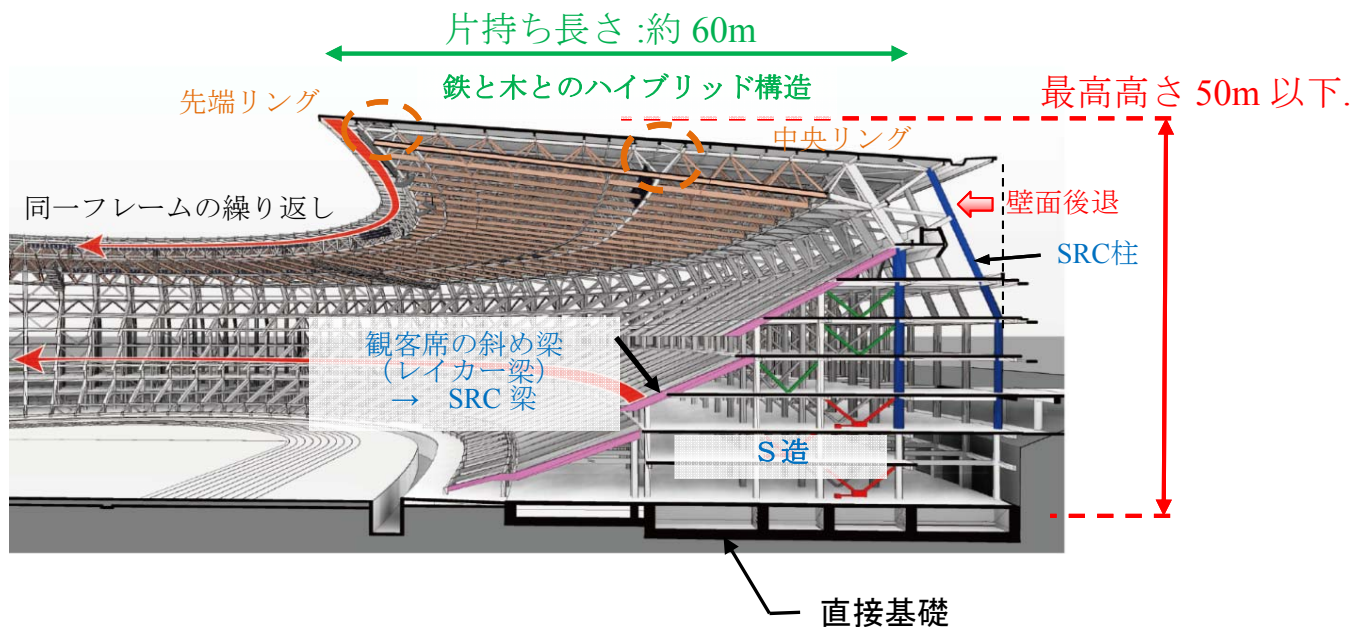
■ 構造概要

階 数 : 地下2階,地上5階

建物高さ : 約 47.4m

延床面積 : 約194,000m²

平面形状 : 約 325m × 250m



14

建築基準法が規定する性能

「建築基準法」 第一条

この法律は、建築物の敷地、構造、設備及び用途に関する
「**最低の基準**」を定めて、「**国民の生命、健康及び財産の保護**」
を図り、もつて「**公共の福祉の増進**」に資することを目的とする。

「日本国憲法」

第二十五条 [生存権、国の社会的使命]

- ① すべて国民は、健康で文化的な最低限度の生活を営む権利を有する。
- ② 「**国**」は、すべての生活部面について、「**社会福祉、社会保障及び公衆衛生の向上及び増進**」に努めなければならない。

第二十九条 [財産権]

- ① 「**財産権**」は、これを「**侵してはならない**」。
- ② 「**財産権**」の内容は、「**公共の福祉に適合**」するように、法律でこれを定める。

「**公共の福祉の増進**」のためであれば「**財産権の制限・規制**」はOK

⇒ ただし**最小限、最低限**

つまり、「国の社会的使命」を果たし、「財産権」への干渉を防ぐためには
建築基準法は「**最低の基準**」でなければならない。

19

□ 新国立競技場の設計条件

所謂、**想定外**の外乱に対する対応 をどうする？



想定内: 建築基準法において規定されている外乱

建築基準法に規定されている地震動

- ・中地震(震度5強程度)「稀な地震」に遭遇した場合、
建物としての「機能を保持すること」
すなわち、**構造部材には残留変形が残らないこと**
- ・大地震(震度6強程度)「極めて稀な地震」に遭遇した場合、
「建物の倒壊を防ぎ、人命を保護すること」
すなわち、**建物としては継続使用は不可能でも構わない**

➡ 大地震後においても継続利用可能な**高耐久性建築**を目指す

- 今後発生が予想される建築基準法以上の外乱に対して、
建築物として健全であること ⇒ **部材が弾性状態**

20

■ 設計クライテリア

- ・ 外乱は、レベル1、レベル2および余裕度レベルで設定

外乱のレベルならびに屋根部材のクライテリア

外乱	レベル1	レベル2	余裕度レベル
地震荷重	稀に発生する地震 告示波3波、観測波3波	極めて稀に発生する地震 告示波3波※ ¹ 、観測波3 サイト波3波※ ¹	レベル2×1.25倍 告示波3波※ ¹
クライテリア	短期許容応力度以下	短期許容応力度以下	弾性限耐力以下※ ⁴
風荷重	再現期間100年 Vo=36.5m/s	再現期間500年 Vo=42.5m/s	藤田スケールF2クラス※ ² Vo=49.2m/s
クライテリア	短期許容応力度以下	短期許容応力度以下	弾性限耐力以下※ ⁴
積雪荷重	再現期間50年 1.075 N/m ² ※ ³ =25(N/m/m ²)×43(cm)	再現期間500年 1.505 N/m ² ※ ³ =25(N/m/m ²)×60.2(cm)	
クライテリア	短期許容応力度以下	短期許容応力度以下	

※¹ 上下動については、レベル2、余裕度レベルにおいて告示波3波、サイト波3波で考慮

※² 風荷重は竜巻や突風を考慮

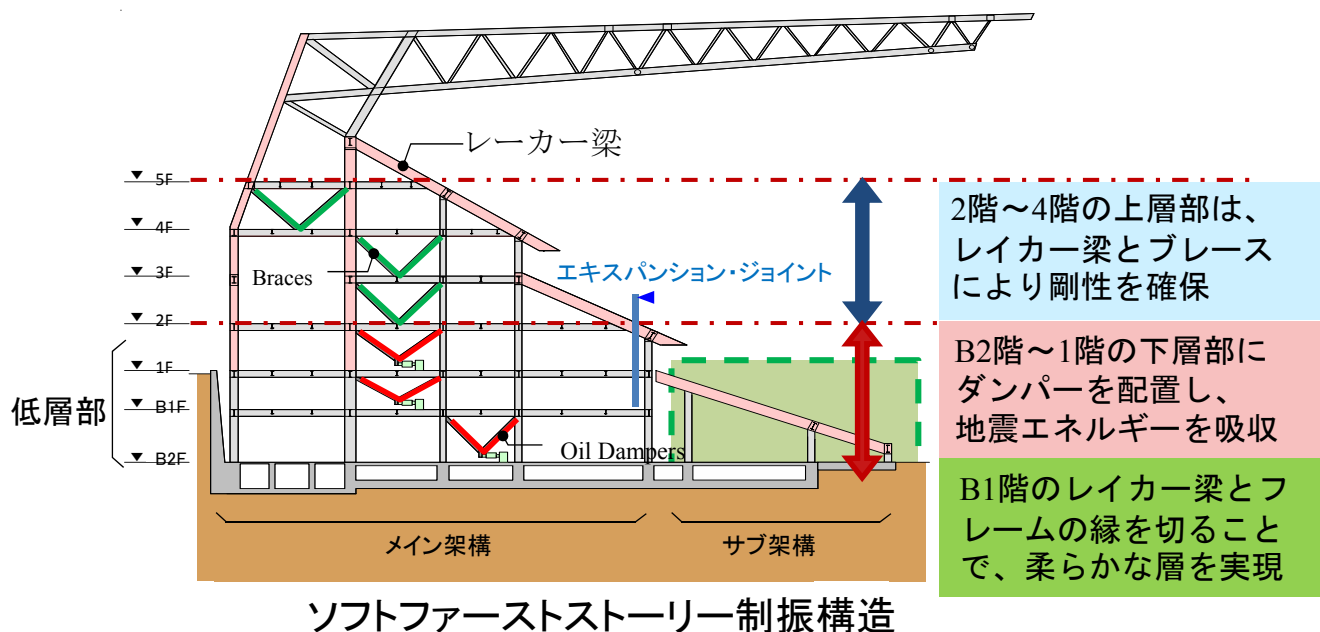
※³ 積雪荷重は、レベル1、レベル2それぞれ設計当時の告示の1.8倍を考慮 (設計後の改正告示の1.29倍)

※⁴ 弾性限耐力(1.1×材料強度)×断面積

21

■高い耐震性能をもつソフトファーストストーリー制振構造

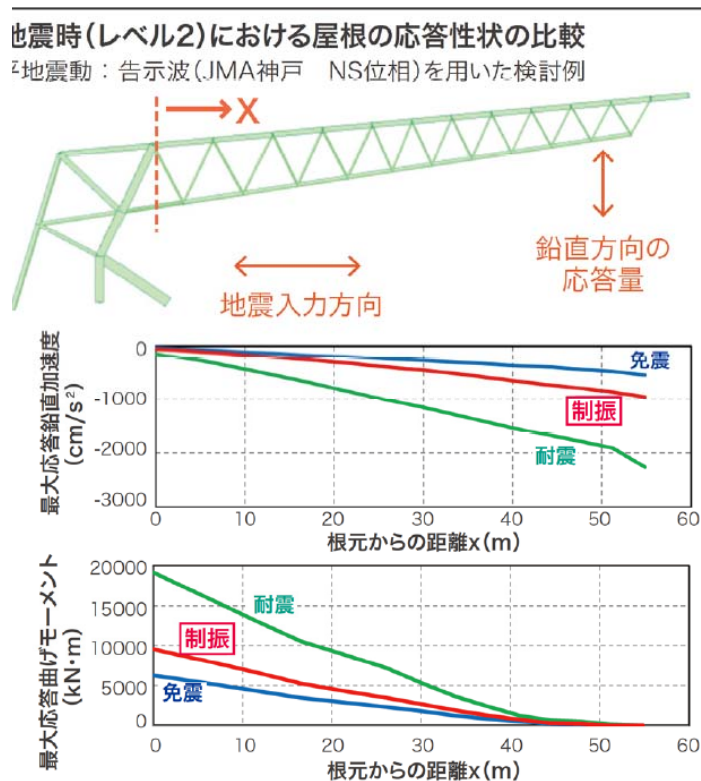
(免震構造と同等の耐震性能を保有)



24

■ソフトファーストストーリー制振の地震時応答性能(基本計画時)

免震構造と同等の応答低減効果を実現

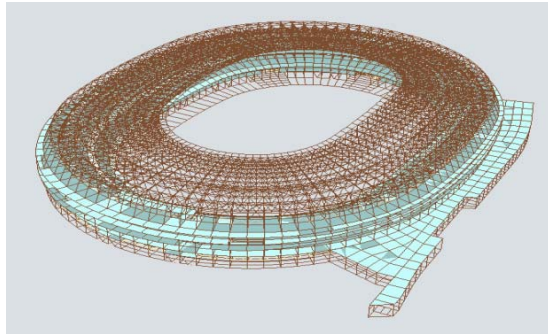


屋根部分の上下方向応答比較例

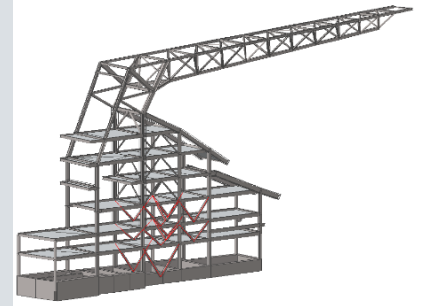
25

■ 制振効果の確認：振動応答解析結果を主として申請

節 点 数 : 11,447
要 素 数 : 29,907
ト ラ ス 要 素 : 260
梁 要 素 : 7,641
スプリング要素 : 2,006



解析モデル



ブロックモデル図

- ・フル立体モデルを用いた時刻歴応答解析(0.01秒毎の計算)
- ・時刻歴応答解析結果によるクライテリアの検証
- ・水平方向地震動だけでなく上下方向地震動についても考慮
- ・断面算定部材数(告示波の場合)
部材数×ステップ数
 $29,907 \times 2400 (120秒/0.05) = 7,000万部材/1ケース$ (256 荷重ケース:約180億部材)

28

■ 鉄骨と木材とのハイブリッド部材の採用



- ・ 屋根トラスの下弦材と立体的に配置されているラチス材に、十分な強度のある鉄骨を主体としつつ、地震や強風による変形・応力を抑えるための木材を組み合わせたハイブリッド部材とする。 ⇒ 余裕度レベルで評価

29

耐火性能について

● 屋根の主構造に木材を利用する場合

- 耐火建築物のため、長期を支持する主要構造部には耐火構造が必要。
耐火木部材の使用
耐火検証法の利用：スタンド部分の内装制限として2時間以上の耐火が必要

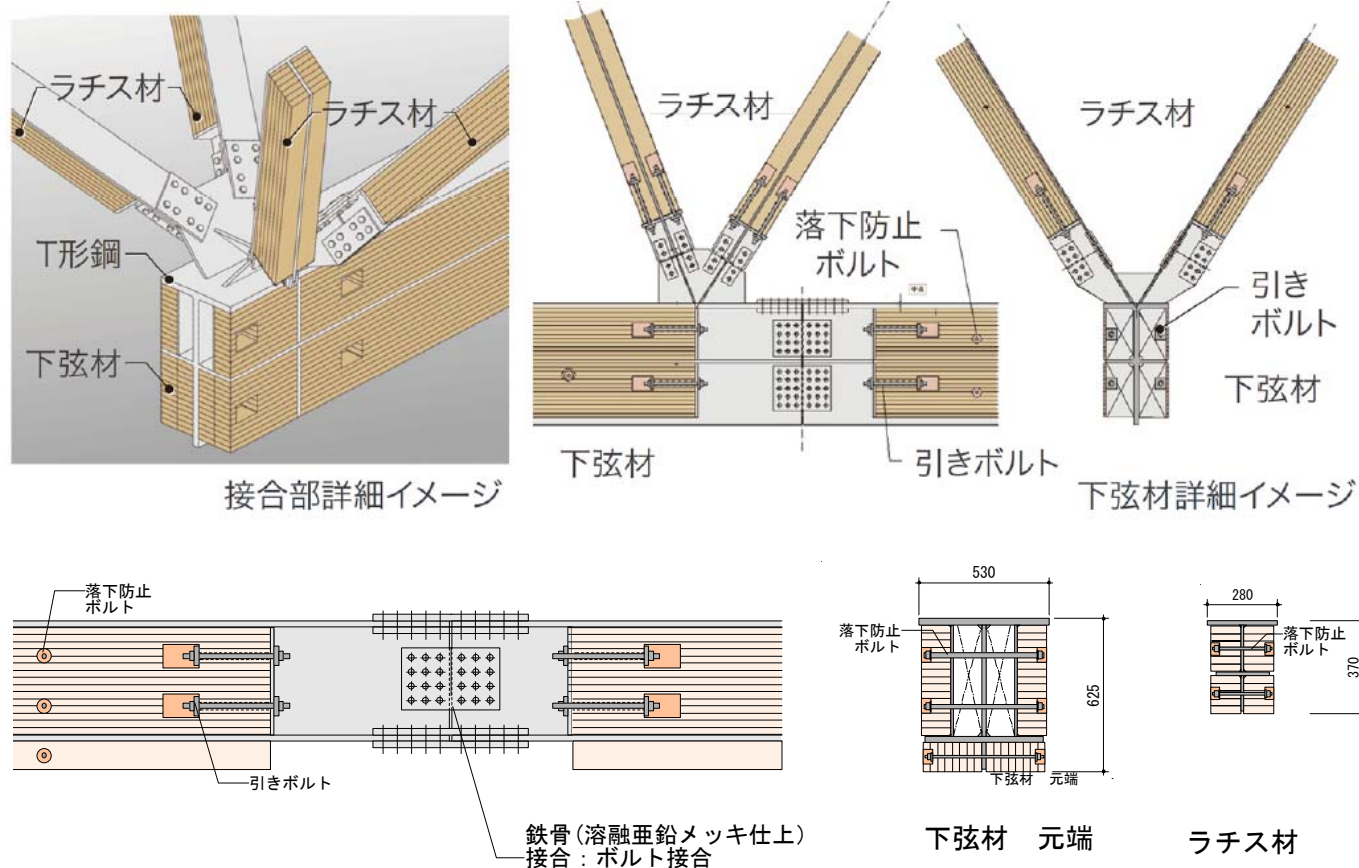
● 屋根の主構造を鉄骨造とする場合

- 建設省告示第1399号第4条三項二により床面から4 m以上の鉄骨小屋組みであれば耐火被覆不要



基準法に規定されている外乱に対しては鉄骨造として負担
基準法を超える外乱に対してはハイブリッド部材として負担

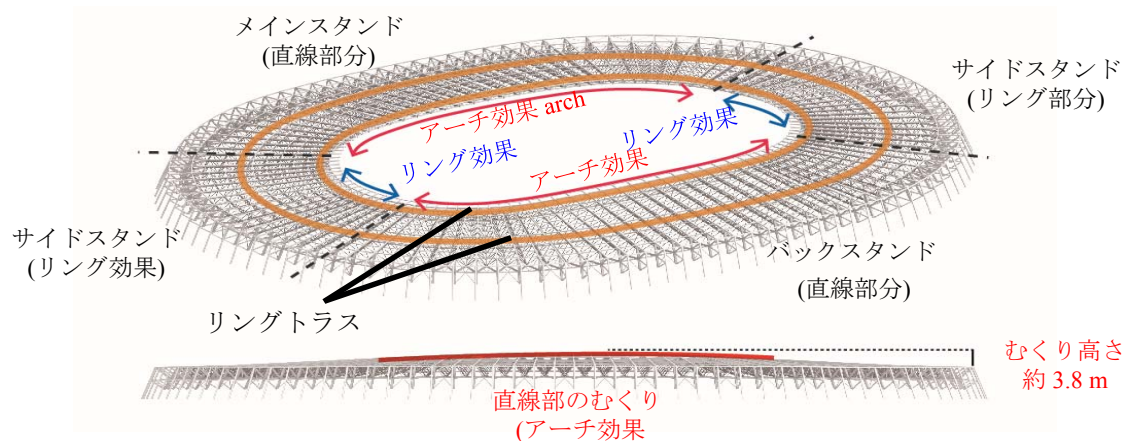
30



森林認証を得た中断面集成材を使用

31

■ 構造合理性を追求した屋根架構



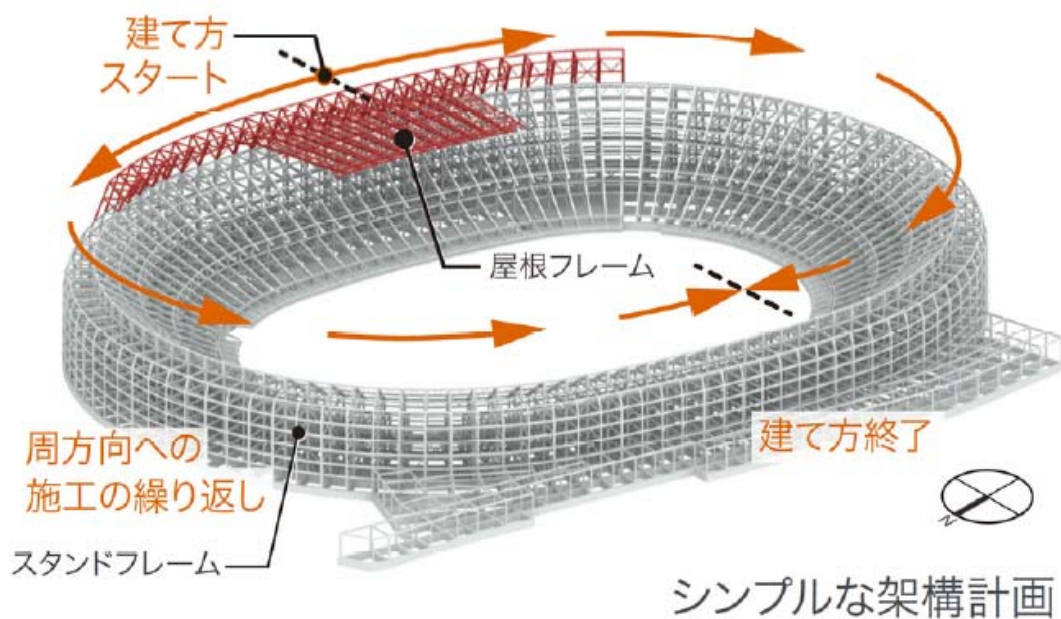
	片持ちトラス	リングトラス	リングトラス + 直線部むくり
直線部	466mm	474mm (102%)	400mm (86%)
円弧部	458mm	364mm (80%)	372mm (81%)

吹き上げ荷重時における屋根先端の変形量 [() 値は片持ちトラスの変形に対する比率

37

■ 工期の厳守

施工性を最優先としたシンプルな架構

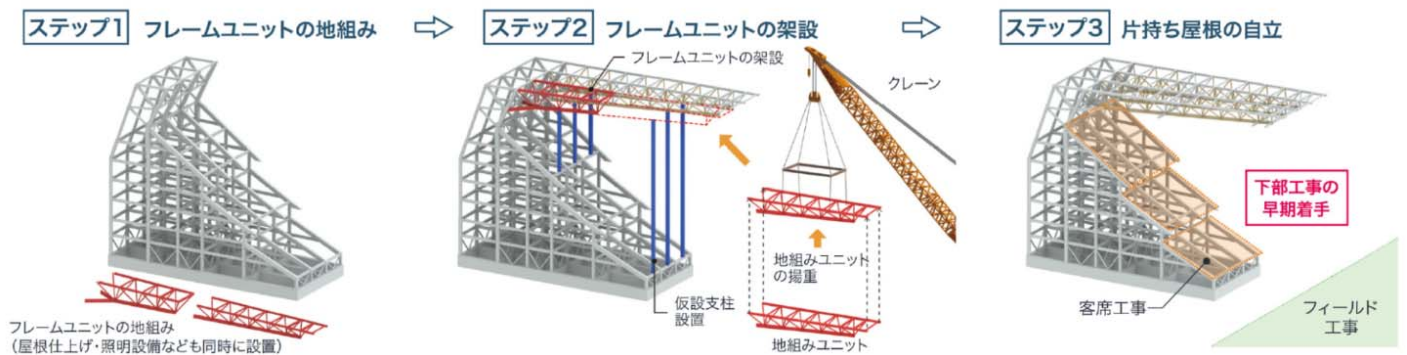


- ・生産性や運搬性の向上
- ・図面の作成効率の向上
- ・繰り返し作業による施工性の向上
- ・徹底的な短工期・コストの縮減

- ・屋根トラスの地組みユニット化
- ・基礎、外周SRC柱のPCa化
- ・プレファブ製品の積極的な利用
- ・ユニット化、工場製作の促進による現場作業の効率化

38

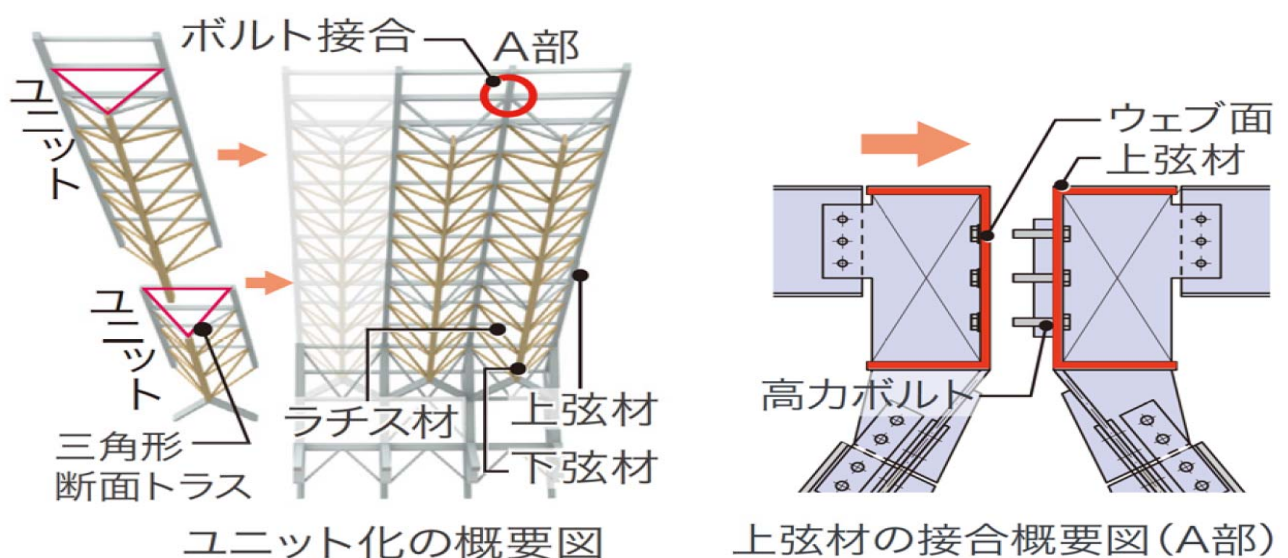
■ 効率的な施工の実現



- ・周方向に同じ形式のフレームを繰り返すことで、同じ作業の繰り返しで完了。
- ・屋根トラスはユニット化して架設することにより、工期の縮減を図る。
- ・1つのフレームを片持ちトラスとして自立できる構造とすることで、スタンド工事やフィールド工事の進捗に合わせた効率の良い建て方の実現を図る。

39

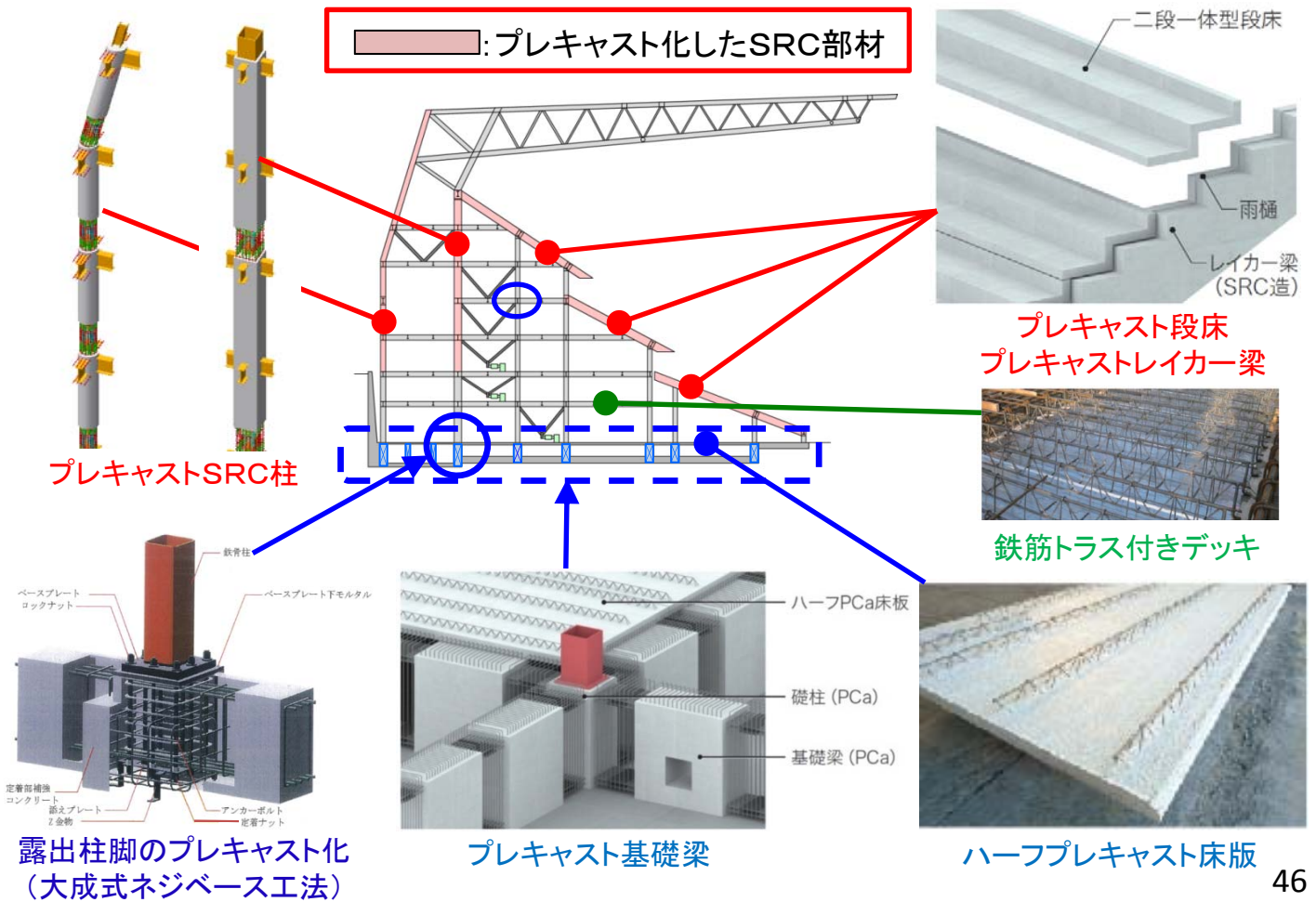
■ 高力ボルトによる一体化



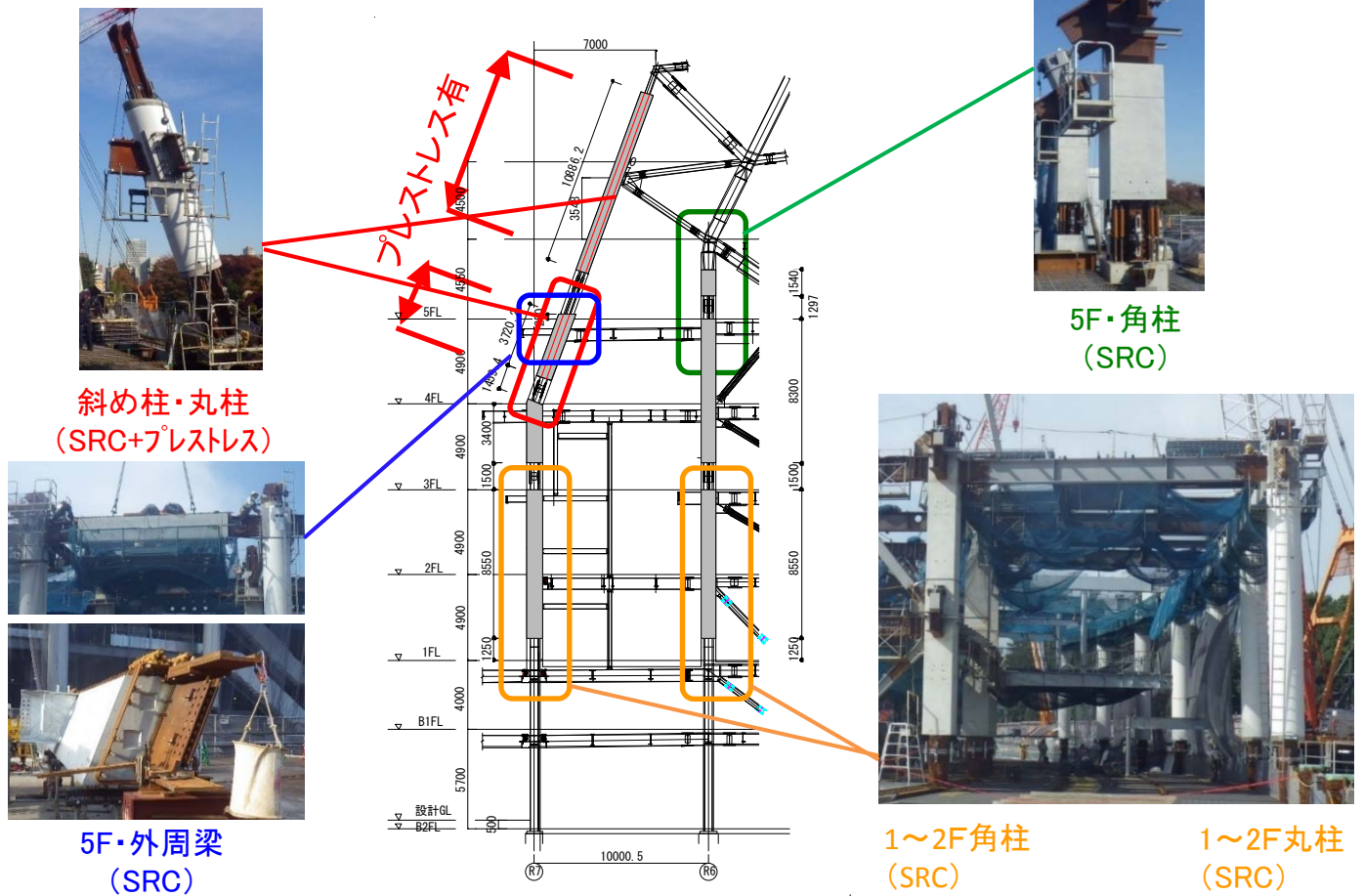
屋根架構は三角形断面の片持ちトラスを円周方向に連続させた架構形式を採用。2本の上弦材と一本の下弦材を立体的にラチス材で連結。

42

■プレファブ化・プレキャスト化による施工の効率化



■プレキャストSRC柱・SRC大梁の概要



■プレキャスト基礎梁 ～予め確認しておくべき点～



©日本スポーツ振興センター「新国立競技場整備事業に関する定例ブリーフィング」
第14回（平成29年4月21日）配布資料より

プレキャスト基礎梁（最大28t）



©日本スポーツ振興センター「新国立競技場整備事業に関する定例ブリーフィング」
第14回（平成29年4月21日）配布資料より

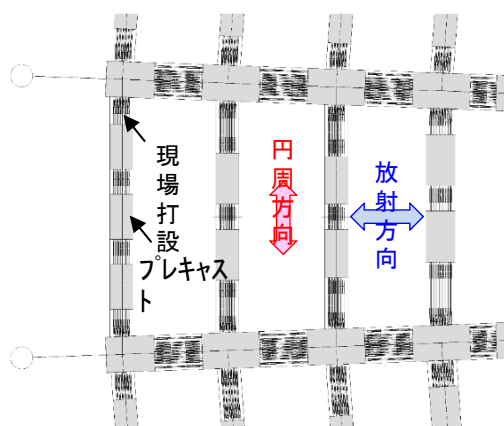
プレキャスト基礎梁の設置状況

- ①プレキャスト工場の製造能力と現場での揚重能力の確認

⇒ プレキャスト部材の分割数に影響あり

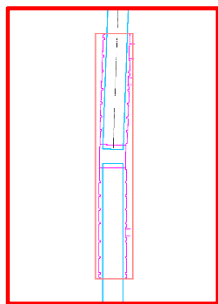
- ②設備スリーブ位置の確認

⇒ プレキャスト分割位置の調整が必要になる場合もあり



52

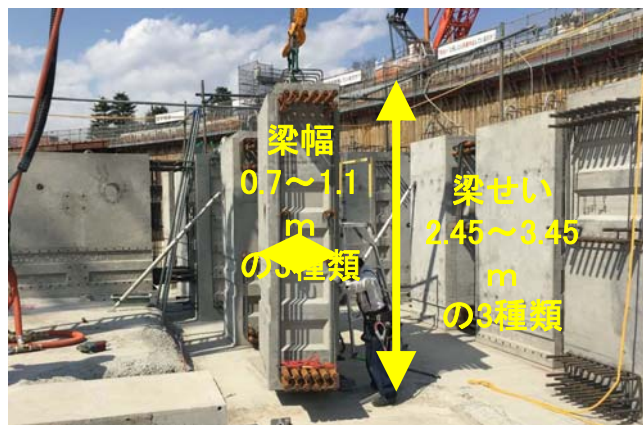
■プレキャスト基礎梁 ～設計上留意すべき点～



機械式継手内のあきを利用して鉄筋に角度をつける



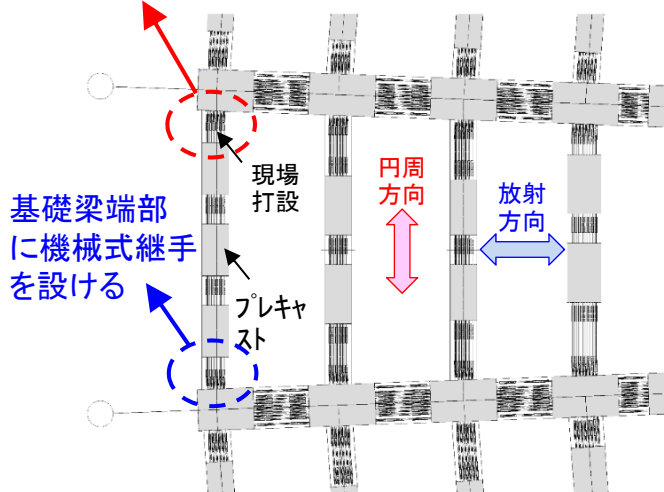
円周方向の鉄筋の接合
（グラウト充填型）



©日本スポーツ振興センター「新国立競技場整備事業に関する定例ブリーフィング」
第14回（平成29年4月21日）配布資料より作成

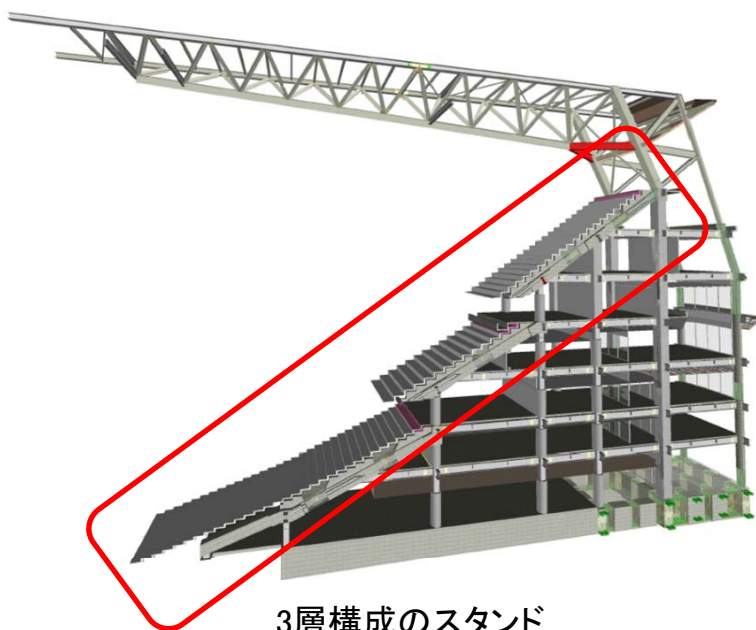
プレキャスト基礎梁の断面

- ①可能な限り基礎梁の断面を規格化
⇒ 梁幅3種類、梁せい3種類とし、接合部の配筋詳細を検討
- ②基礎梁端部に機械式継手（A級）を使用
⇒ 基礎梁に降伏ヒンジを生じさせない設計
- ③円周方向の基礎梁の接続方法
⇒ 機械式継手内のあきを利用して、鉄筋に角度をつける



53

■観客席の斜め梁(レイカー梁)のプレキャスト化



3層構成のスタンド



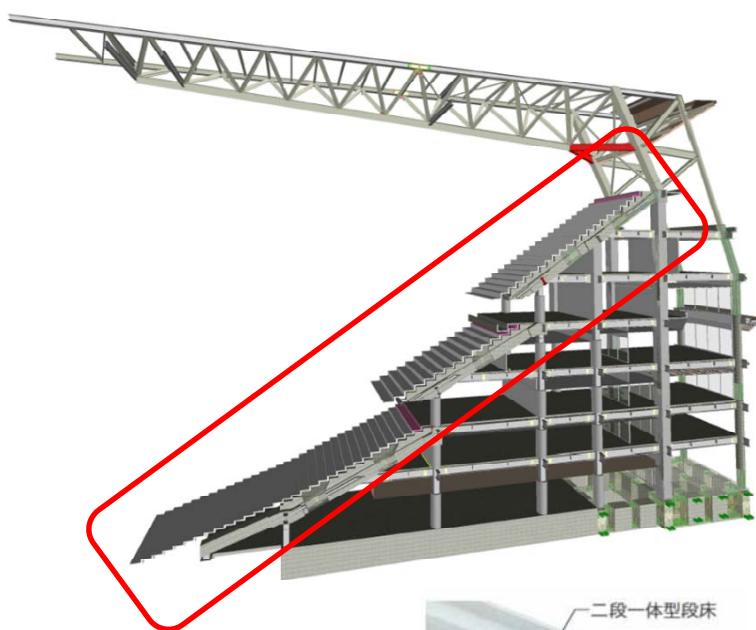
レイカー梁 配筋状況



レイカー梁 製品ヤード

54

■プレキャスト段床 ～二段一体型段床版～



二段一体型段床
とレイカー梁



段床 配筋・配線状況



段床 製品ヤード

55