

4 | 構造計画関連資料

1 片持ち形式+リングトラスの採用 (屋根架構形式の比較)

● 本計画における建築計画・工期・コストを勘案して、片持ち形式の屋根を採用します。

	(A)片持ち形式+リングトラス	(B)斜張形式	(C)キールアーチ形式	(D)フープリング形式 (鉄骨)
架構イメージ				
建方 (工期)	● 単ルームごとのジャッキダウンにより自立可能 ● 下部工事工程との重複が可能	● ジャッキダウン前に張力導入が必要 ● 単ルームごとのジャッキダウンにより自立可能 ● 下部工事工程との重複が可能	● アーチを形成した後に全体架構が自立するため、アーチが形成されるまで仮設支柱が必要	● フープリングを形成した後に全体架構が自立するため、フープリングが形成されるまで仮設支柱が必要
完成後の外力による変形	● 片持ち形式に形態抵抗を併用することで変形を抑えられる	● 吹上げ抑えケーブルバックステイケーブルにより変形を抑えられるが、ケーブルの剛性が小さく、(A)に比べ変形は大きくなる	● アーチの軸剛性により、(A)より変形を小さく抑えられる	● フープの剛性のみでは(A)に比べ変形は大きくなる
躯体数量 (コスト)	● 形態抵抗の併用と材の立体的配置による下弦材の補剛効果により、鉄骨の断面を抑えられる	● (A)と比べると、ケーブル張力により鉄骨の断面を小さくできるが、ケーブルのコストが必要となる ● スタットの鉄骨数量は(A)より、若干減らすことができる	● スパンが大きいため、アーチ鉄骨の断面は大きくなる ● アーチのラストを抑えるため、基礎にタイドームが必要となる	● フープリング効果により、鉄骨の断面を抑えられる ● (A)と同じ変形に抑えるには鉄骨が増える
建物高さ (景観)	● 建物高さを低く抑えられる	● 構造システムが外観に強調され、マスト分だけ、建物高さが高くなる	● アーチ構造はサイズが必要なため、スパンが大きいと、建物高さは高くなる	● 軒天は低く抑えられるが、観客席からの大型映像装置の視界を確保すると、建物高さは(A)とほぼ同じとなる

2 制振構造の採用 (耐震形式の比較)

● 本計画における耐震安全性と工期・コストのバランスを勘案して、ソフトファーストストーリー制振構造を採用します。

	耐震構造	ソフトファーストストーリー制振構造	免震構造
架構イメージ			
耐震性能	● 多くの主要構造部材は塑性化するが、建物の倒壊などは生じない	● 主要構造部材は概ね弾性耐力に納まる	● 主要構造部材は弾性耐力に納まる
工期	● 一般的な構造部材のみで構成されているので、通常の工程で施工可能	● 制振部材は鉄骨建て方と同時に取り付けられるため、耐震構造と同じ工期となる	● 免震層が1層多くなり、掘削土量や免震関係工事が増えるため、耐震・制振構造より工期が延びる
コスト	● 耐震構造は、応答地震力が大きいため、構造部材の断面が大きくなる	● 制振部材により主要構造部材の断面を小さくできるので、コストを抑えることができる	● 全体施工床面積に占める免震層の割合が大きく、掘削土量や免震床のコンクリート等によりコストは増える
建築計画	● 耐震ブレースが多くなり、建築計画に影響がでる	● 制振部材は建築計画に影響を与えない範囲で設置できる	● ブレースを少なくできる ● 免震床のコンクリートの取り付け部分は建築計画に影響がある
法規制 (消防)	● 特になし	● 制振用オイルダンパーはオイルの量が少ないため、消防法の適用外となる	● 免震層にオイルダンパーを使うと、免震層に防火区画が必要になる
維持管理	● 常時は特に定期点検の必要なし ● 大地震後は、損傷部位の確認、補修が必要	● オイルダンパーの定期点検が必要 ● 大地震後は、応急点検が必要	● 免震部材、設備配管の免震継手などの定期点検が必要 ● 大地震後は、応急点検が必要

3 金属屋根の採用 (屋根仕上げの比較)

● 本計画の屋根は一般部は金属パネル、一部芝生の生育のためにガラス屋根を採用します。

	一般屋根範囲		透明屋根範囲	
	本提案 金属パネル	A種膜材	本提案 ガラス	ETFE材
景観配慮	● 金属パネルに必要な水勾配(1/30以上)により、屋根の高さを抑えられる	● 積雪によるボンド防止のため、13°以上(1/4.3以上)の勾配の確保が必要となり、屋根高さが高くなる	● ガラスに必要な水勾配(1/50以上)により屋根の高さを抑えられる	● ETFEマットの内圧管理により、ボンド防止を防止できるため、屋根の高さを抑えられる
雪対策	● 適切な母屋材の配置により、積雪荷重を支持できる ● 雪止めの設置により屋根に雪を溜めることができる	● 膜材の高い滑雪性により、建物周辺への落雪が懸念される	● ガラスの強度で積雪荷重を支持できる	● ETFEマットの間の雪の滞留が懸念される
観客席の温熱環境	● カラー(白)塗装で反射するため、遮熱効果がある	● 断熱効果はほぼ無い	● 遮光ルーバーで対応	● 遮光ルーバーで対応
吸音性能	● 野地板による吸音効果が期待できる	● 1枚の膜材では吸音性能は、ほぼ無い	● 吸音性能はほぼ無い	● 吸音性能はほぼ無い
維持管理	● 保守点検が少ない	● 定期的に膜材の張力の点検が必要である	● 耐候性塗装を施すことで、保守点検が軽減できる	● 常時、ETFEマットへの送風が必要である ● 定期的にETFE材の張力の点検が必要である
法規上の課題	● 特になし	● 特になし	● 特になし	● 耐火性能検証法が必要

4 木材と鉄骨とのハイブリッド構造の採用

● 大規模な屋根への木材利用として、木材と鉄骨とのハイブリッド構造を採用します。

構造	荷重	耐火部材	片持ちトラスのせい	使用集材	耐火性能
本提案 ハイブリッド構造 (木材+鉄骨)	● 長期、短期の応力は鉄骨が負担 ● 木材は短期におけるトラスへの剛性付与	● 構造上、木材は耐火部材にはならない	● 約6m	● 中断面集材材 ● 全国の工場調達可能 ● コストを抑えられる	● 内装制限に関する協議が必要
木造	● 長期、短期すべて木材が応力負担	● 耐火部材となる認定材のため、断面サイズが限定される ● コストアップとなる	● 約10~15m ● 屋根ボリュームが大きくなる	● 人断面集材材 ● 工場が限定され調達が難しい ● コストアップとなる	● 耐火部材を用いない場合は、耐火性能検証が必要

大規模屋根への積極的な木材利用

- 屋根トラスの下弦材とラチス材に、木材と鉄骨のハイブリッド構造を採用し、大規模な屋根への積極的な木材利用を図ります。
- 万が一の火災を考慮して、観客席から6m以上の高さを確保した位置に利用します。

木材利用による短期荷重時の変形抑制

- 長期荷重、地震・風・積雪などの短期荷重により生じる軸力や曲げモーメントは、全て鉄骨で負担します。
- 木材は鉄骨とともに、短期荷重時に生じる屋根の変形を抑えるために利用します。

木材と鉄骨の接合方法

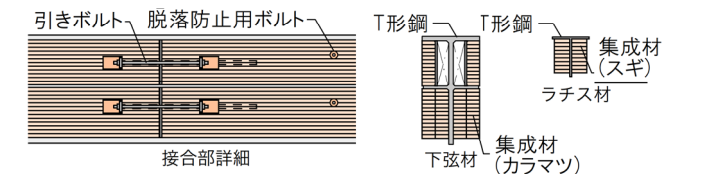
- 鉄骨はT形鋼とし、木の集材材は鉄骨を挟みこむように取り付けます。
- 木材の剛性が引張にも圧縮にも効くように、鉄骨と木材は材軸方向に引きボルトで一体化します。また、万が一に備え、落下防止ボルトも取り付けます。

耐久性

- 耐久性を考慮し木材に適した使用環境の「雨がかり・紫外線を原則避けた屋根裏」で用います。
- 集材材の接着剤は、屋外での使用を前提とした使用環境Aとします。
- 集材材は耐久性向上のために保存処理を行います。木材の保存処理方法は、半屋外であるため、高耐久仕様の加圧注入方式(K3仕様)を用います。
- メンテナンスは屋根鉄骨の再塗装時期に合わせて基本的に目視による木材の割れなどを確認します。→補修が必要とされる割れが見つかった場合は、メンテナンスゴンドラを利用し新しい木材に取り替えます。

木材の仕様

- 森林認証を取得した国産材の集成材を用い、生産履歴の管理と安定した強度や剛性の確保を図ります。
- 採用部位に必要な木材の剛性を考慮し、下弦材にはカラマツ(等級E95-F270)、ラチス材にはスギ(等級E65-F225)の2種類を用い、材料調達を管理します。
- 中断面の集成材(幅×高さ=120mm×450mm、長さ6000mm以下)を用いることで、全国の工場での製造、加工を可能とし、製造工程期間を管理します。



接着剤の使用環境の定義	
使用環境A	屋外で用いる場合に使用
使用環境B	使用環境Cに火災に対する性能を追加
使用環境C	屋内用、火災に対する性能は無い

加圧注入方式の性能区分		保存処理方法の耐用年数	
K1	屋内の乾燥した条件、乾燥害虫に対するのみ防虫性能あり	処理方法	耐用年数
K2	北海道の住宅の土台	加圧注入(K3)	50~60年※
K3	本州の住宅の土台	塗布・含浸	5~7年
K4	屋外で直接、風雨に曝される部材		
K5	電柱や枕木など		

※「木造計画・設計基準(国土交通省官庁営繕部制定)」では、軒の出が90cm以上ある屋外施設の目標年数を50~60年目安とした場合、性能区分はK3以上と指定されています。