

大阪・関西万博 ルクセンブルクパビリオン | DOKI DOKI ルクセンブルク



## コンセプト | 膜構造デザインと形状決定

大阪・関西万博ルクセンブルクパビリオン—DOKI DOKIルクセンブルクは、テーマ「いのちをつなぐ」に呼応し、万博の情熱と胸の高鳴りと一体感を表現したパビリオンです。

喧噪な、活気ある会場の中で、休息と憩いの場を提供する施設はルクセンブルク独自の文化や風土、多様性の理念を象徴しています。

建物全体は一枚の膜屋根で覆われた大小13のボックスから成り、敷地内での空間配置が屋内外の展示経路をリズムカルに創出します。この多様なプログラムを持つボックス群を視覚的にも機能的にも統合するのが膜屋根の役割です。

敷地一杯に広がる膜屋根は日除け・雨除けや集水といった機能面だけではなく、夜間LED照明の演出で灯りが灯されることで、リングデッキから眺められる「5つ目のファサード」の役割も兼ね備えています。

膜の全体形状は、上からの視点を意識して、リングデッキから遠ざかるにつれて徐々に高くなり、整然と配置されたボックス間を縫うように、宙に波打った自由な造形でデザインされました。

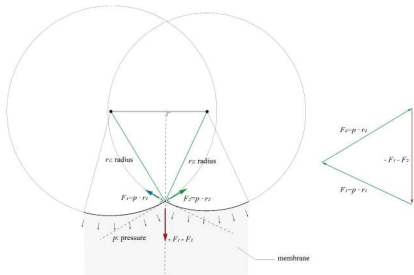
複雑で有機的な形状を美しく実現するために、膜構造デザインでは様々な合理化の工夫をほどこしました。

構造計画では支持部材の構成を極力単純化することを目指し、プレスや剛接合の端部支持材が一切存在しない、投影面積935㎡という日本国内最大規模の純サスペンション構造膜が生まれました。

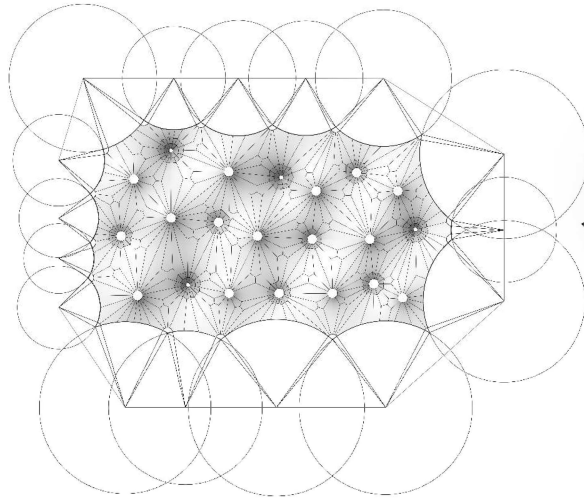
構造計画の上で最も重要なプロセスが形状決定です。

一様張力場に近い状態を目指す従来の形状決定手法では、支点反力の大きさや角度を上手くコントロールすることの難しさに課題があります。そこで、投影二次平面での吊り合いを図解的に求め、その平面吊り合い状態を保持しながら3次元のつり合い形状を持ち上げるという新たな形状決定手法を開発しました。この新技術により端部ケーブルやマストの反力方向を厳密にコントロールすることで部材を最小限に抑えることが可能となり、複雑でありながらも整然とした印象を持つ膜屋根を実現しています。

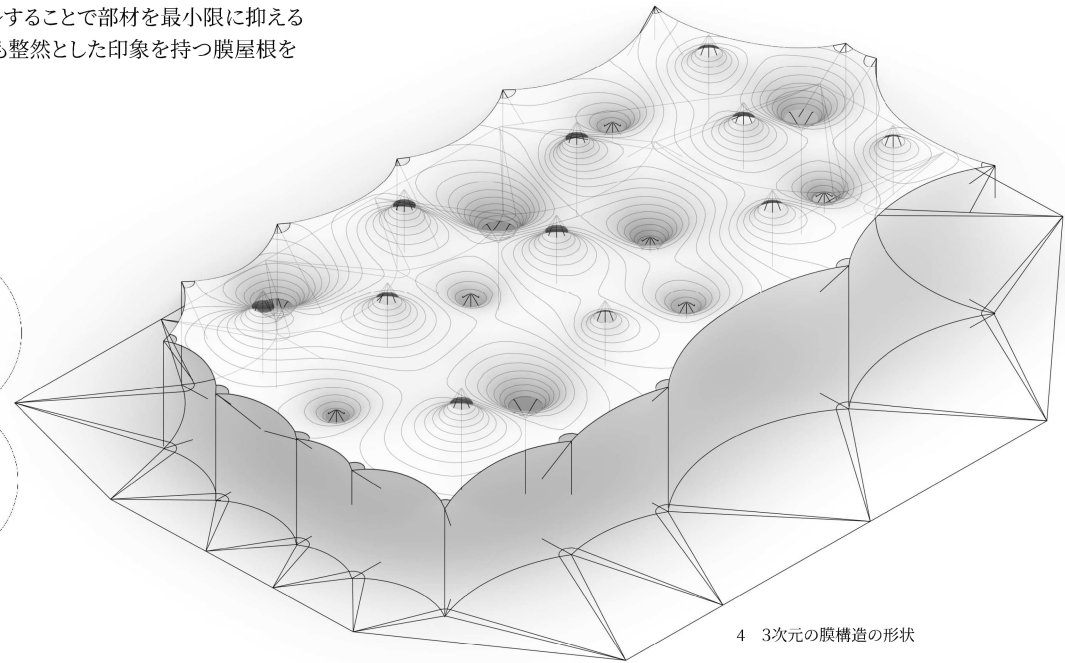
また、主応力方向と繊維方向をそろえ、主曲率方向とパッチの長手方向の向きを合わせる合理的な裁断方法の調整を行い、溶着線をできるだけ短くすることで抽象度の高い膜面が現れ、3次元の形状をより視覚的に強調する意匠を実現しました。



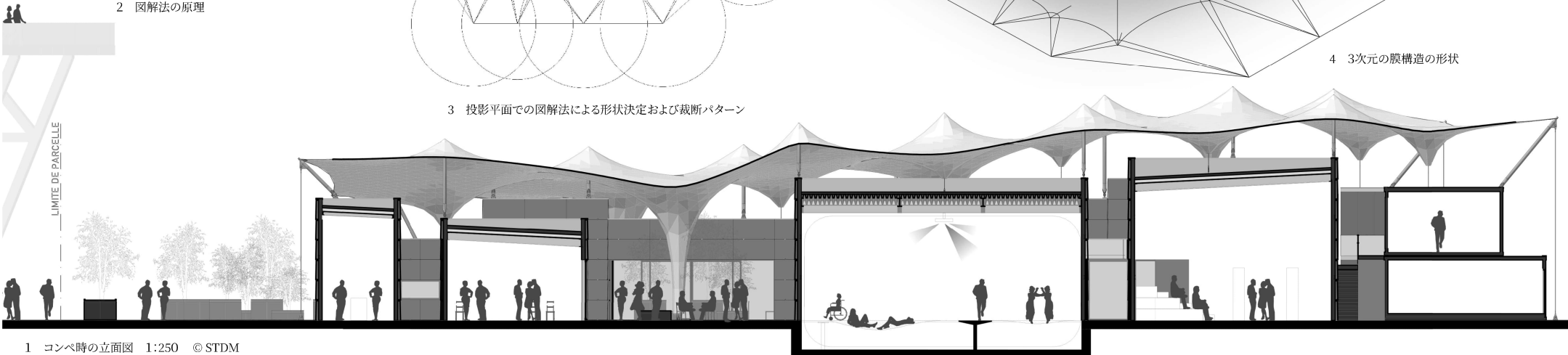
2 図解法の原理



3 投影平面での図解法による形状決定および裁断パターン



4 3次元の膜構造の形状



1 コンペ時の立面図 1:250 © STDM

## 循環性 | 再利用可能な材料・部材

材料や部材は、万博会期後のリユースやリサイクルを前提に設計時点で選択を行いました。暴風時の浮力を抑えるカウンターウェイトは、プレキャスト工法によるコンクリートブリックを選択し、規格寸法で製造することで会期後に再使用することを計画しました。

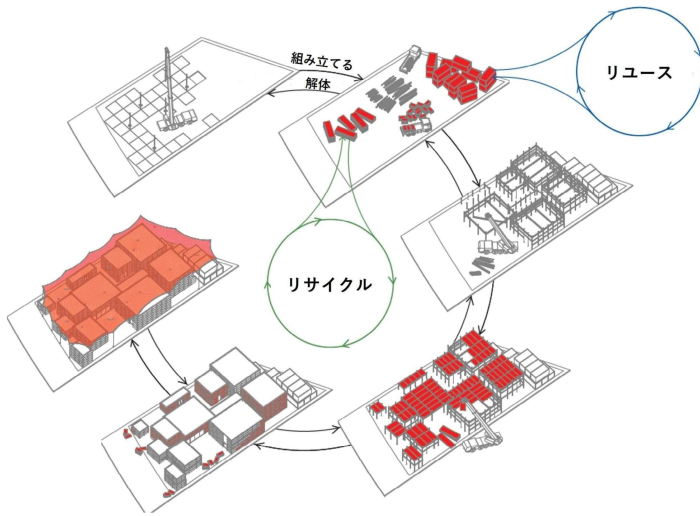
また、鉄骨造のボックスは軽量鉄骨のボルト接合とすることで、容易に組立・解体ができるように工夫を行いました。

さらに、暴風時に高強度が必要とされる膜材には、製造時の環境負荷がPTFEと比較して格段に小さいPVCポリエステル材から選択し、欧州の膜材料メーカーである Serge Ferrari社製のPVCポリエステル(800daN/5cm級・1.3mm厚)を採用しています。

Serge Ferrari社は“Do it better with less”(より少ないものでよりよく)の標語の元、素材の軽量化やリサイクル技術の開発など実験的なリサイクルプログラムに取り組んでおり、ガラス繊維系の素材に比べて施工時の扱いが容易なため、移設や別製品へのリユースにも潜在的に優れています。膜材は会期後には大阪府内の業者協力のもとバッグなどの製品にリユースされ、国内外で販売される予定です。

循環性に優れた高強度PVC材の利用は国内での実績に限られるため、万博を通じて利用されたことには社会的意義があると考えます。

同様にコンクリートブリックはホテルの擁壁に、軽量鉄骨部材は学校施設に転用され、既製品を用い再販売する設備品と同様に、一枚の膜構造のもとに統合されるほとんどの部材にリユースとリサイクルが計画されています。



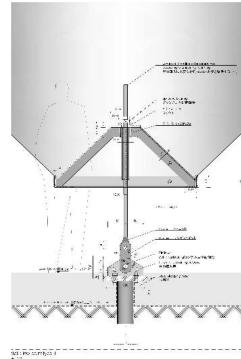
1 サーキュラーエコノミ(循環型社会)の考え方

画像提供:STDM,みかんぐみ

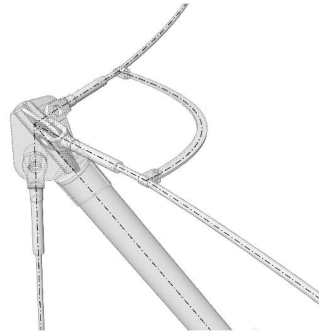
## ディテール | 施工ステップ

端部に剛な接合部を用いないため、膜屋根は非常に柔らかい状態で施工されます。外部荷重が最大となる限界状態時に膜と鉄骨の接合部から二次応力が膜面に生じないため、曲げ剛性がない球場のベアリング接合を各支特点に配置しています。

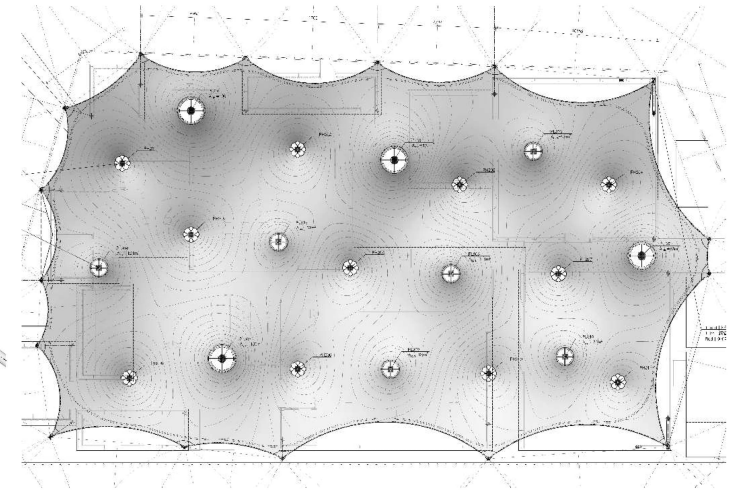
また、膜が地上側に降りてくる引き込み部やボックス屋根上の接合部では、応力を有効に伝え、張力調整が可能である機構で、大きな許容回転量を確保できるテンションロッドを用いたディテールを設計しています。



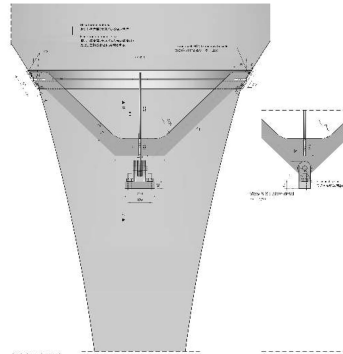
2 引き込み部ディテール



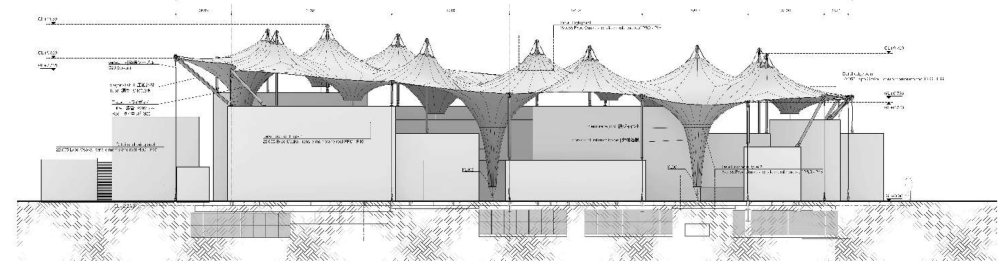
4 端部ケーブルディテール



5 平面図 1:500



3 引き込み部ディテール地上部



6 立面図 1:500



7 PCaコンクリートブリック基礎



8 段階的施工



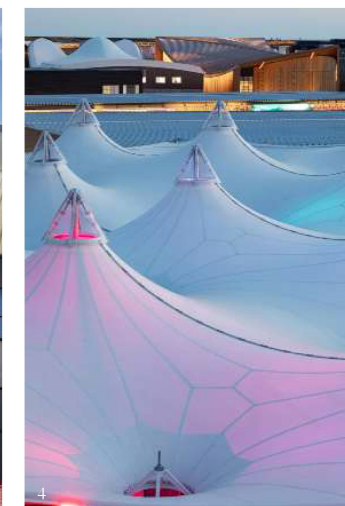
9 引き込み部張力導入



10 リユース製品

## 基本データ

建築主	GIE Luxembourg @Expo2025Osaka
意匠設計(ルクセンブルク)	STDM
意匠設計(日本)	みかんぐみ
構造設計・膜設計・膜施工設計協力	ネイアンドパートナーズ
設備設計(ルクセンブルク)	Betic
設備設計(日本)	象設計
展示設計(ルクセンブルク)	jungled nerves
展示設計(日本)	大日本印刷株式会社
工事元請・建築施工	内藤ハウス
膜施工・膜施工設計	TRA-K
展示施工	大日本印刷株式会社 Be Wunder
敷地面積	1395㎡
建築面積	229㎡
長さ	45m
幅	27m
階数	地上2階
最高高さ	11.6m
建築構造	鉄骨造
基礎	コンクリートブリック造 一部 べた基礎
膜構造形式	純サスペンション膜構造
膜総面積	1087㎡
膜総投影面積	935㎡
膜材料	Sergi Ferrari社製 PVCポリエステル (80daN/5cm級)
ケーブル鋼材	スパイラルロープST1570 (径9-35.5mm)



1 ©Andrej Piry  
2&3 ©Bjoern Kanterait  
4 ©Vincent Hecht