

【第8回 最多得票賞受賞作品】

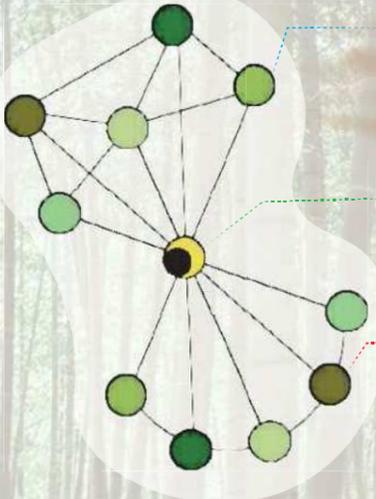
築輪

日本大学大学院
長島 周
稲葉雄大
園田駿希
三沢 健介

Concept

「輪を築く」
震災、復興、伝承、循環の「輪」
人と人が語らう 集いの「輪」
2つの「輪」を繋ぐ、仮設屋根、竹の「輪」

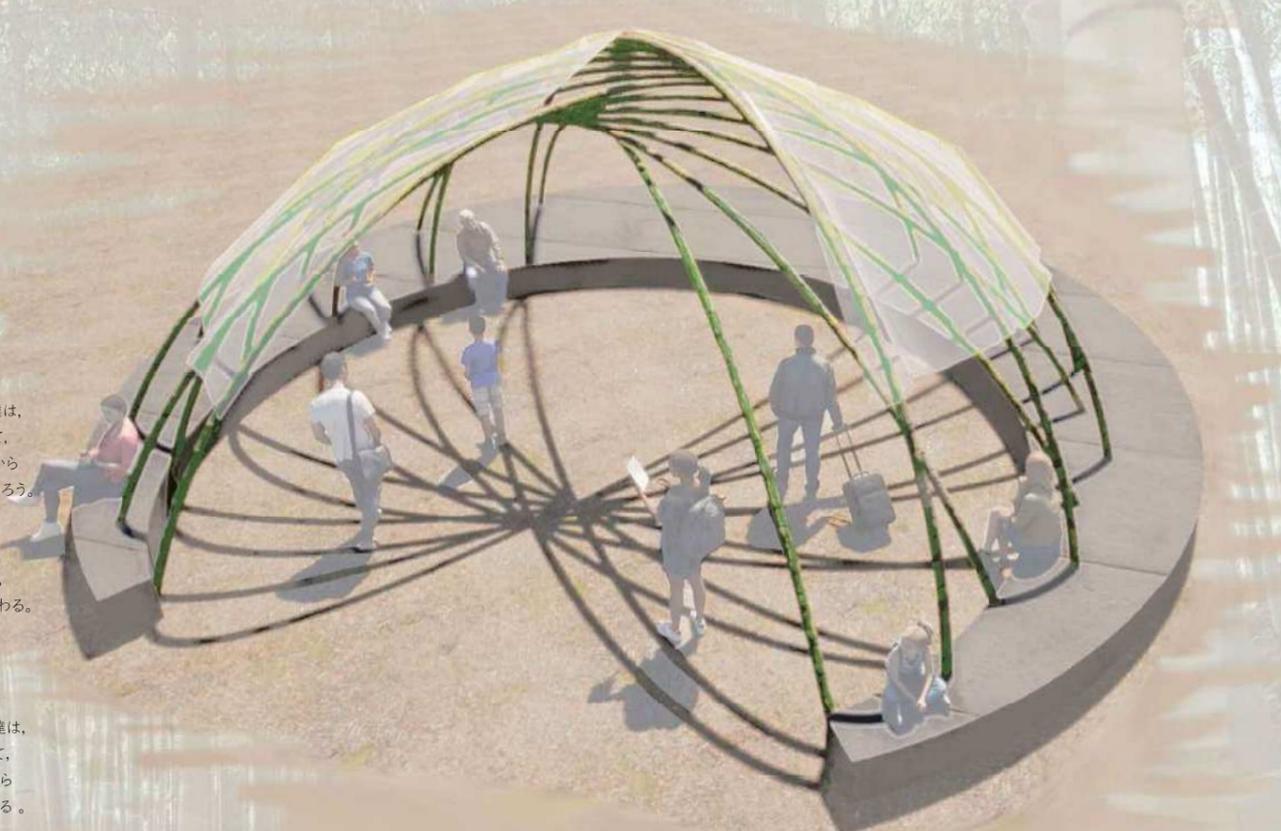
Diagram



Future
「築輪」を出た後の私達は、「震災・復興」に対して、それぞれ違う立ち位置から少しだけ分かちあえるだろう。

Current
語り部の話を聴くことで、私達の想いは、一度交わる。

Past
「築輪」に入る前の私達は、「震災・復興」に対して、似たような立ち位置から色々な想いを抱いている。



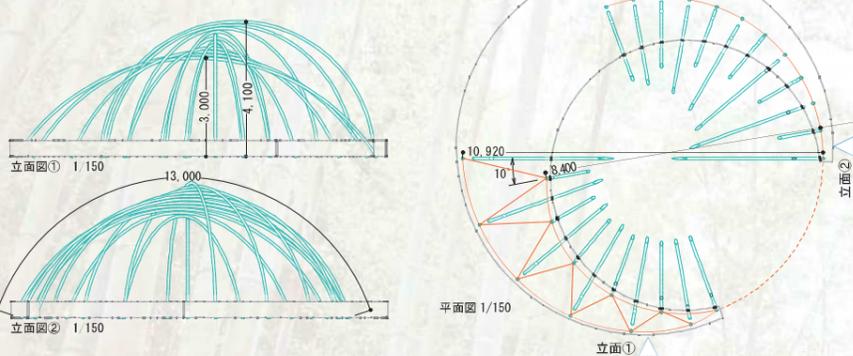
Material

語り部が伝承する空間を構成する材料として、被災地の竹が相応しいと思いました。竹は一つの根からクローンが複製されるように繁殖し、数十年に一度開花することで枯れてしまいます。逆に言えば、まだ開花していない竹林であれば、震災の記憶を孕んだ根から生まれた竹になります。また、曲げに強い竹の特性を活かしたアーチ構造であれば、竹をできるだけ自然なまま使用できると考えました。

語り部の伝承の空間、震災の記憶が染み込んだ竹、私達はそれらを落とし込んだ設計として、「築輪」を導き出しました。



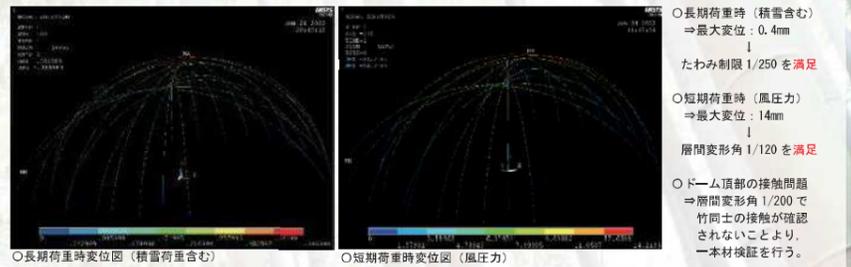
構造計画



このドームの基本は1個のアーチ形状である。それを12個用意し、それぞれ10度の角度を設けて配置することで、ドーム空間を形成している。しかしそのままではアーチの頂点部分で他のアーチと接触してしまうため、それぞれ竹の直径分以上は上下にずれなくはならない。この際、上にずれたアーチはそれだけ材料となる竹の長さが多く必要となり、下にずれたアーチは短くて済むようになる。

だが今回の提案では竹の長さを7,000mm前後で揃える事により現場での調達難易度を下げられないかと考え、ずれたアーチはその分長さを最長10,920mmから最長8,400mmまでそれぞれ調整する事とした。また、その弦の長短を用いることでドーム内に小部屋や2階層のようなものが現れるようにアーチを配置し、より竹の質感を身近に感じられる空間を設ける事ができた。

竹ドーム形状の構造安全性検証



○長期荷重時(積雪含む)
⇒最大変位: 0.4mm
↓
たわみ制限 1/250 を満足

○短期荷重時(風圧力)
⇒最大変位: 14mm
↓
層間変形角 1/120 を満足

○ドーム頂部の接触問題
⇒層間変形角 1/200 で竹同士が接触が確認されないことより、一本材検証を行う。

アーチ頂部接合方法

アーチ頂部に位置する竹と竹の接合部には印籠継手を採用。竹を上下で固定する「軸平行接合」や継手に切り欠きを有する「レンブコナル構造」は竹本来の強度を発揮できない可能性が生じる。

しかし、印籠継手は竹の平行継手部分において繊維方向に引張力が作用するため、竹本来の強度を発揮するとともに、長大部材を必要としない施工に有利な接合方法と言える。内部に設置する竹は、ビニルテープ等を表面に巻き付け、竹との摩擦力を高める工夫を施す。また、接着剤等は使用せず、解体後の再利用を考慮する。

○アーチ頂部の継手詳細図

基礎部接合方法と詳細

①使用前はカバーを設置することで段差を無くし、ベンチ等の利用に際しての安全性も配慮する。

②竹の形状は不均一であるため、コンクリートのクリアランスは多少大きめに取る必要がある。そのため、竹の直径に合わせた鋼管を補助として設ける。

③RC基礎と鋼管をボルトにて連結する。

④竹を両サイドから人力で曲げていく。予め挿入しておいた鋼管に押し込み、竹と鋼管のボルト止めを行う。

接合部の安全性検証

◇アーチ頂部の評価
試験結果より
竹材印籠継手最大耐力 Ft : 18.1kN
木材の短期引張許容応力度 : 2Ft/3=12.1kN
よって、3.5kN < 12.1kN ... OK

◇基礎部の評価
鉛直反力 V₁ = 0.9kN
水平反力 H₁ = 1.8kN
合力 = 2.0kN

基礎部耐力は、竹の繊維方向引張耐力に依存すると仮定すると、*の論文より、Ftは11.3kNを採用。よって、2.0kN < 7.5kN ... OK

○基礎部引き抜き反力算定図

○短期荷重時接合部分の最大荷重

計算概要
静定基本形におきかえる。
 M_0, N_0, Q_0 : 外力による静定基本形の応力
 $M_1, N_1, Q_1; X_1=1$ による静定基本形の応力
 $M_2, N_2, Q_2; X_2=1$ による静定基本形の応力
とすると、変位は以下のように表される。

$$\delta_0 = \frac{1}{EI} \int M_0 M_0 ds + \frac{1}{EA} \int N_0 N_0 ds \quad (1)$$

不静定力 X_1, X_2 は連続条件式 (2) より求められる。

$$\begin{aligned} \delta_{00} + \delta_{10} X_1 + \delta_{20} X_2 &= 0 \\ \delta_{0\theta} + \delta_{1\theta} X_1 + \delta_{2\theta} X_2 &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

軸方向変形 δ_0 を考慮した場合の応力
軸力による変位を考慮すれば変位 δ_0 は、曲げによる変位 δ_0 と軸力による変位 δ_0 の和になるため、半スパンを x 方向に 10等分で区分積法を用いて求めると式 (1) は近似的に (3) と表せる。

$$\delta_0 = \int \frac{M_0 M_0}{EI} ds + \int \frac{N_0 N_0}{EA} ds = \sum_{i=1}^{10} \frac{M_{0i} M_{0i}}{E_i I_i} \Delta s_i + \sum_{i=1}^{10} \frac{N_{0i} N_{0i}}{E_i A_i} \Delta s_i \quad (3)$$

本設計では架構及び荷重は共に対称であるから、以下の条件と仮定する。
断面積: $A = 1.13 \times 10^{-2} m^2$ 断面二次モーメント: $I = 2.898 \times 10^{-6} m^4$
等分布荷重: $\omega = 249.77 N/m$ 幅: $l = 10.92m$ 高さ $h = 2.9m$

$$X_1 = X_2, R_1 = R_2 = \frac{\omega l}{2}, M_0 = R_1 x - \frac{\omega x^2}{2}, M_1 = -y, M_2 = 1$$

$$N_0 = -(R_1 \sin \theta - \omega x \sin \theta) = -(R_1 - \omega x) \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$$

$$N_1 = -\cos \theta, N_2 = 0$$

以上の条件より、モーメントと軸力は左図に示す。

判定
竹断面図 断面係数算定用

曲げ材の断面応力度は、以下の式で算定する。
 $\left(\frac{M}{Z_x}\right) \left(\frac{1}{f_c}\right) \leq 1$
 M : 設計用曲げモーメント Nmm
 f_c : 許容曲げ応力度 N/mm^2
 Z_x : 断面係数 mm^3

①曲げ応力度の算定
最大曲げ応力度
 $\frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{169.80 \times 10^3}{2.90 \times 10^4} = 5.83 N/mm^2$

②長期許容曲げ応力度
 $f_c = 35 N/mm^2$

③判定: $\frac{M_{max}}{Z_x} / f_c = \frac{5.83}{35.0} = 0.167 \leq 1 \rightarrow [ok]$