

桶箱工法_ver3

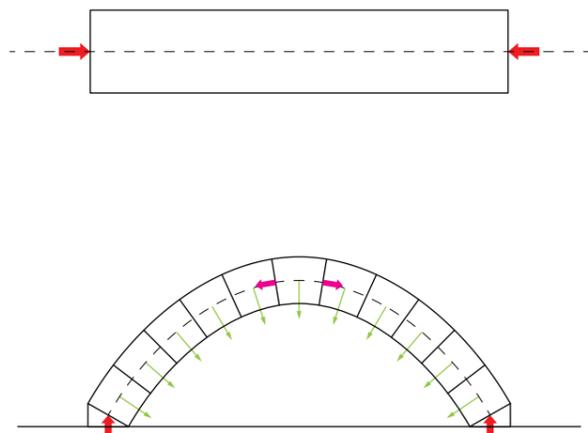
桶や樽のように、複数の板を外から締め上げて成立する構造体では、平面幾何だけでなく、立体的な自由曲線も描けるのではないか。そんな問いから始まったこの提案は、中に通っているテンション部材を締め上げる事でこの形状が成立している。
この工法を私は「桶箱工法」と名付けた。



Concept

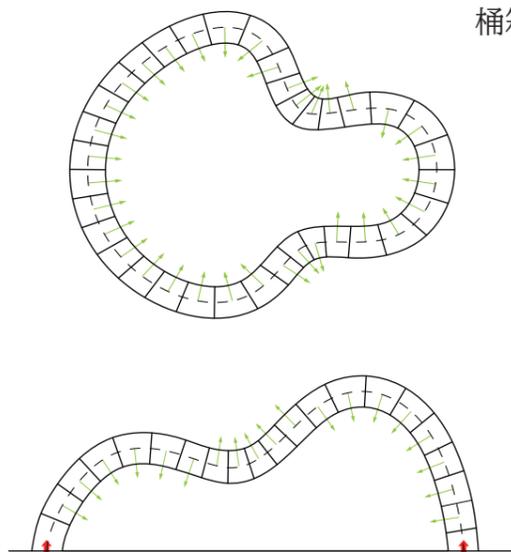
ポストテンション工法

- ・ 一体物に対して1軸方向のプレストレスを与え、引張応力に対する強度を上げる
- ・ 複数の物体に対してテンションを与えることで連続体として扱う
- ・ この場合、力の集中点が一点に収束することが理想である

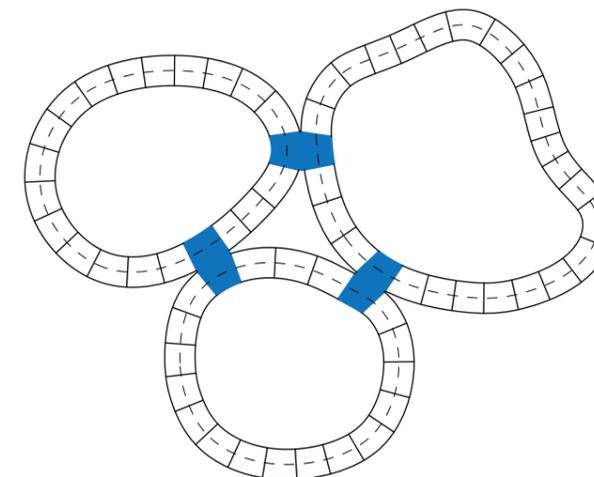


桶箱構法におけるポストテンション

- ・ テンションを与えた結果、力のベクトルが内外入れ替わる、変曲点をもつ自由曲線であった場合でもこの工法が可能であること
- ・ パネルとして近似する際、その向きやテンション部材の位置によって回転モーメントに対する最適化を行う事で成立を目指す



シェアラブルに展開させる

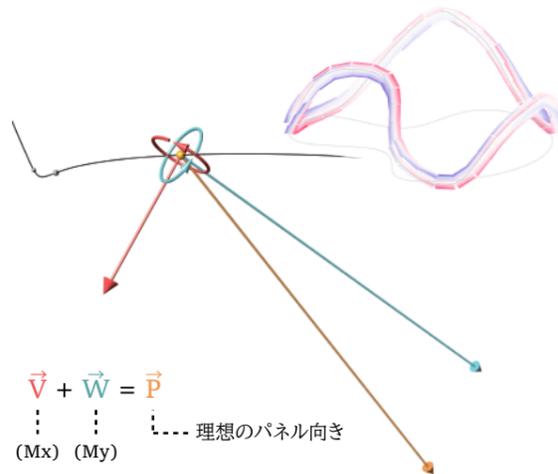


本提案では、桶箱工法による形状を面として展開していく。三次自由曲線の各交点において、その接線方向が同一平面上にある場合、1つのパーツを共有することで自由曲線が連結していく。また、曲面を作る上で、自由曲線による近似について考えることもできる。これにより、様々な諸条件によって変化していくことができ、形態のバリエーションに対して、建設工程が単純であるのもこの工法の特徴といえる。

Design1 & Analysis

modeling

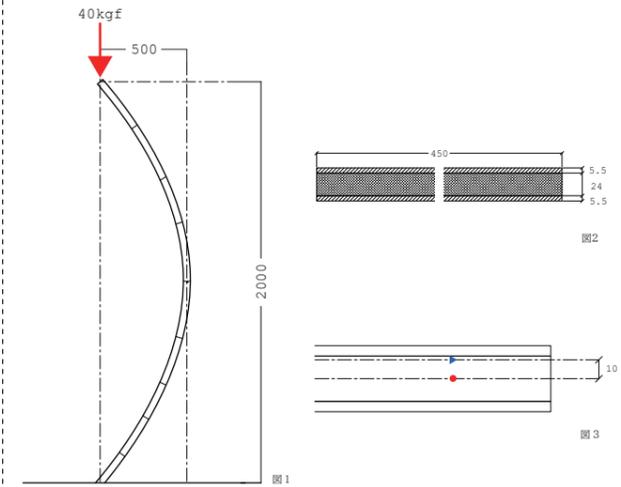
平面の自由曲線をインプットとし、これに対して操作を行っていく。長さによって曲線を等分割し、アンカーポイントを決定後、kangarooを用いて曲線を立ち上げる。その際、各点における曲率が、一定の範囲内に収まるよう制約を加え、制作可能な曲線として立ち上げる。



optimization

- panel

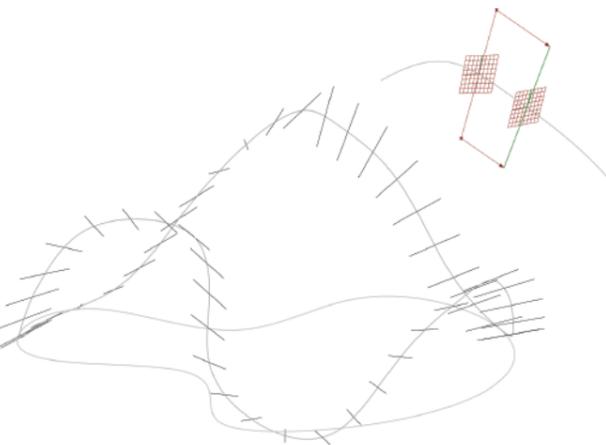
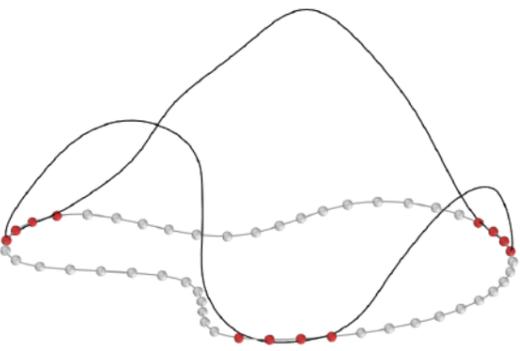
曲線を平面に近似していくにあたって、理想の切断線の向きを考えていく。曲線を一体化した梁として構造計算した際、各点に置ける回転モーメント(Mx,My)を合成したベクトルにパネルの強軸を向けることで、圧縮された際の座屈荷重を引き上げられると考える。



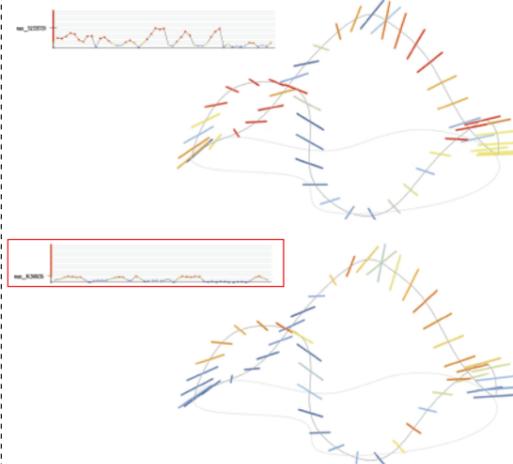
optimization

- tension

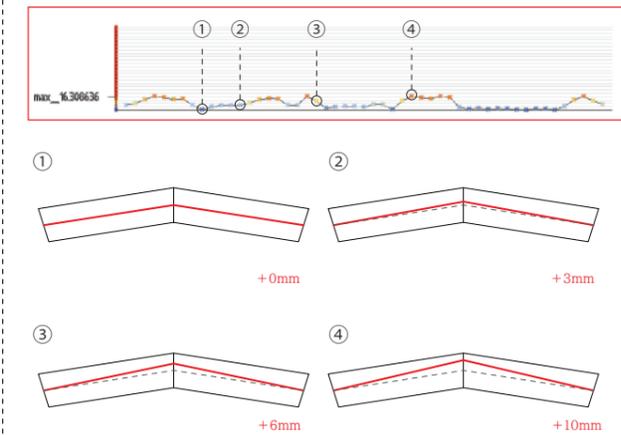
テンション位置を偏心させることによる応力の変化について考える。図1.2のような条件の場合、オイラーの式を用いると、約200kgのテンションをかけたとき、座屈応力内に収まる。そこで、図3のようにテンション材を芯に通した場合と10mm偏心させた場合を考えると、約1.7倍の許容応力を得ることができることが計算結果からわかった。



立ち上げた曲線を等分割した点において、各点における接線方向と主法線方向からなるplaneを定義し、これを基に曲線をパネル化するよう近似していく。スタートのplaneを設定し、その平面内における任意の角度の直線を次のplaneに対してプロジェクトする操作をループさせることでパネルのモデリングを行う。

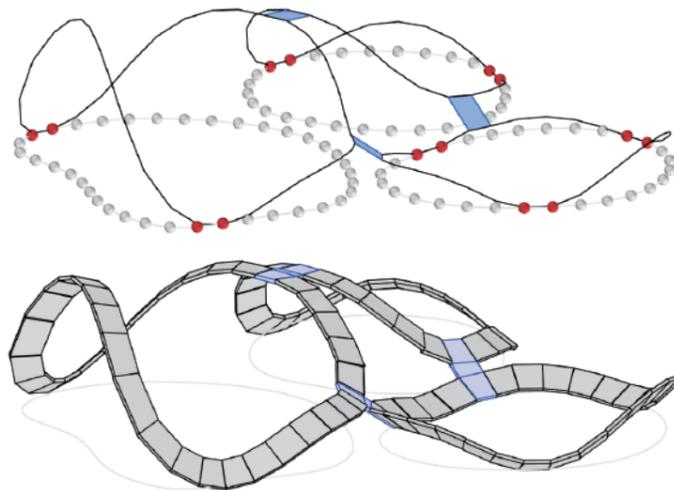


理想のパネル方向と前手順から得られた切断線の内積の最大値を最適化する。この時のパラメータは、曲線のコントロールポイントの振動とした。結果としてグラフのように、各点における変形量が減少する傾向が確認できた。



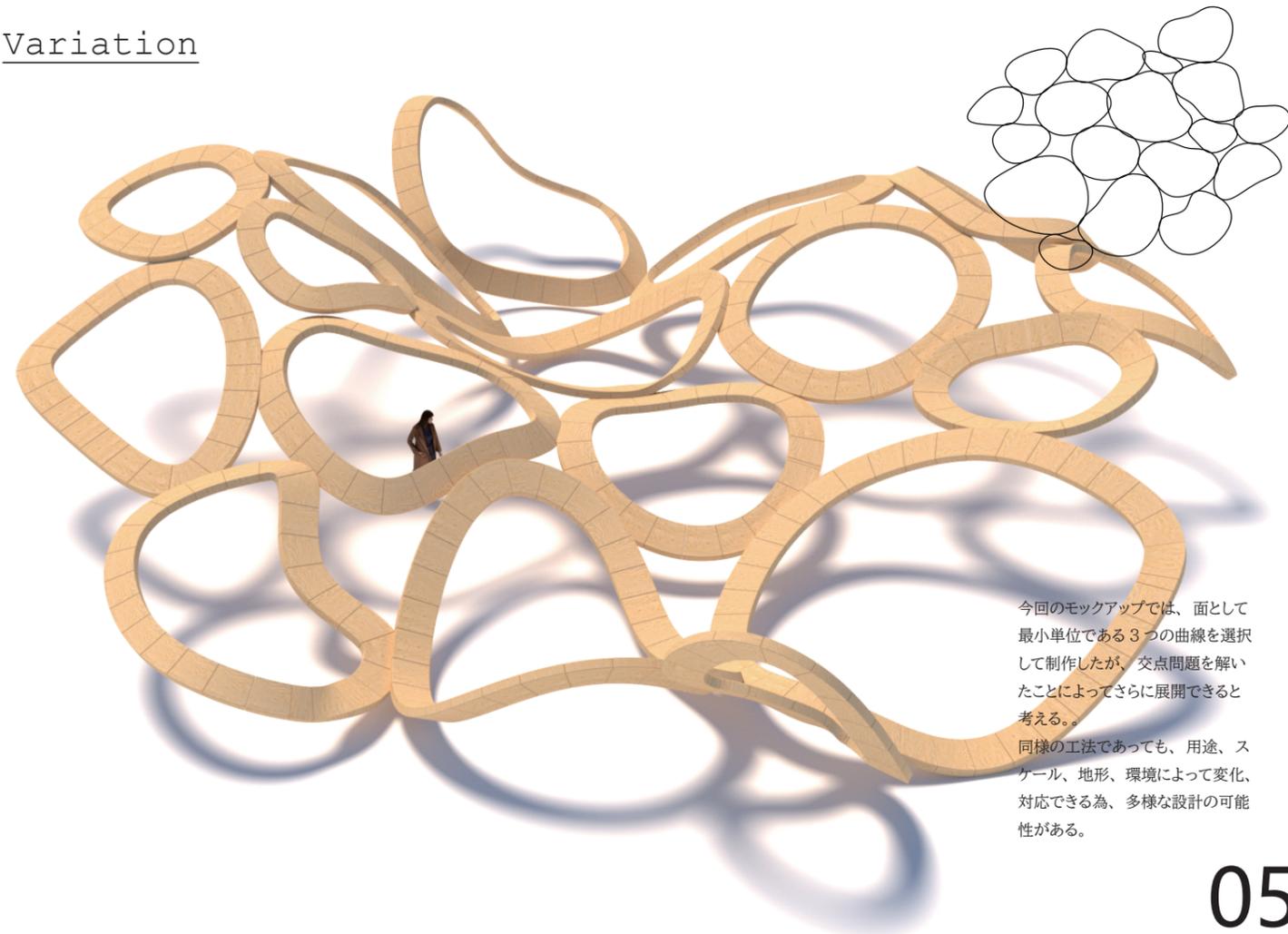
上記の計算結果から、各部材において、圧縮面におけるテンション位置を調整することで、座屈荷重を引き上げる事が可能ではないかと考える。最適化から得られたグラフを参考に、変形量によってテンション位置を4段階に分けて調整する。統一してずらさないのは、テンションをかけていく工程の際、作りやすくなるからである。

Design2



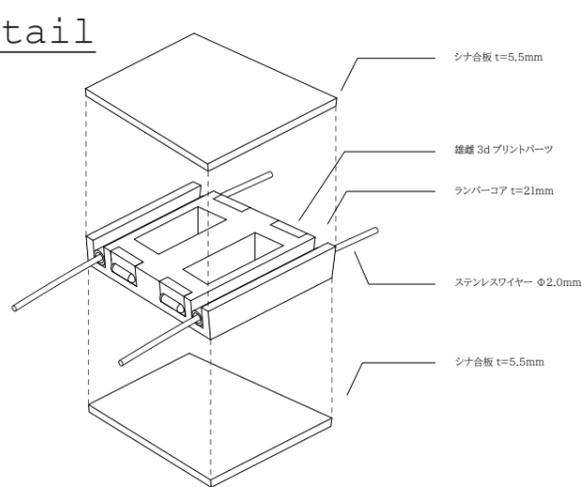
本提案では、複数の有曲線が共有する同一平面をもったまま立ち上がることで、面として展開させることに挑戦した。今回はその中で、最小単位となる3つの曲線を選択し制作する。kangarooを用いて平面の状態から立ち上げる際に交点を形成する4点に拘束をかけた。この際、交点の同一平面をキープしながら、制作可能なパネルングを行うためのパラメータが、構造最適化のパラメータと一致してしまうことが問題点としてある。

Variation



今回のモックアップでは、面として最小単位である3つの曲線を選択して制作したが、交点問題を解いたことによってさらに展開できると考える。同様の工法であっても、用途、スケール、地形、環境によって変化、対応できる為、多様な設計の可能性がある。

Detail



今回のモックアップでは、テンション材にワイヤーを用いている。段階的にテンションをかけられるようラチェットタイプの巻き取り金物を用いている。モックアップでの失敗として、
 ・圧縮が強すぎて、面内に割れが生じてしまうこと。
 ・ワイヤーの終端において、パネルと鋭角に引っ張ってしまうと、パネル端部に不要な圧がかかり割れてしまうなどが起こった。