

ポストテンションと3Dプリンターによる曲面成型手法に関する研究

- 単一平面型枠からバリエーションのある曲面を制作する

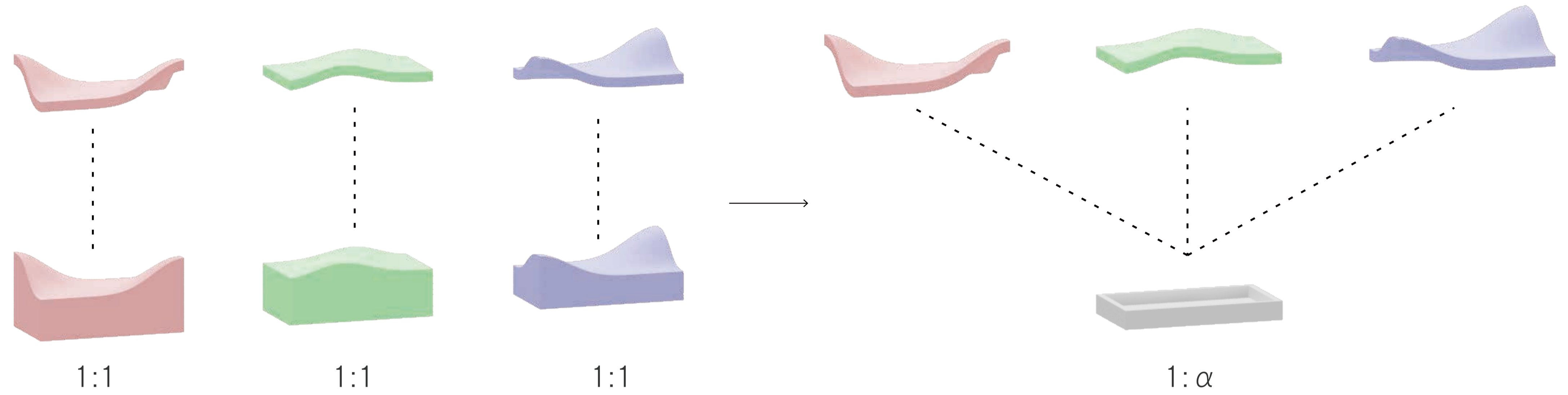
これまでの曲面パネルを成形するときは成形したい曲面に合わせた型枠を 1:1 の関係で用意する必要があった。
3D プリンター射出体をシリコンに埋め込みポストテンションをかけることによって**単一平面型枠からバリエーションのある曲面を成形する手法**を考えた。

- パラメトリックデザインと工事現場

情報技術を建築設計に応用することによって環境や構造により合理的なデザインが可能になってきた。

しかし合理性の平面、多様化する形態を施工することに現場は以前より複雑性を増してしまっている。

この現状をふまえ、工法がデザインを規定するように**デザインのために工法を刷新**することを試みた。



- 3D プリンターについて

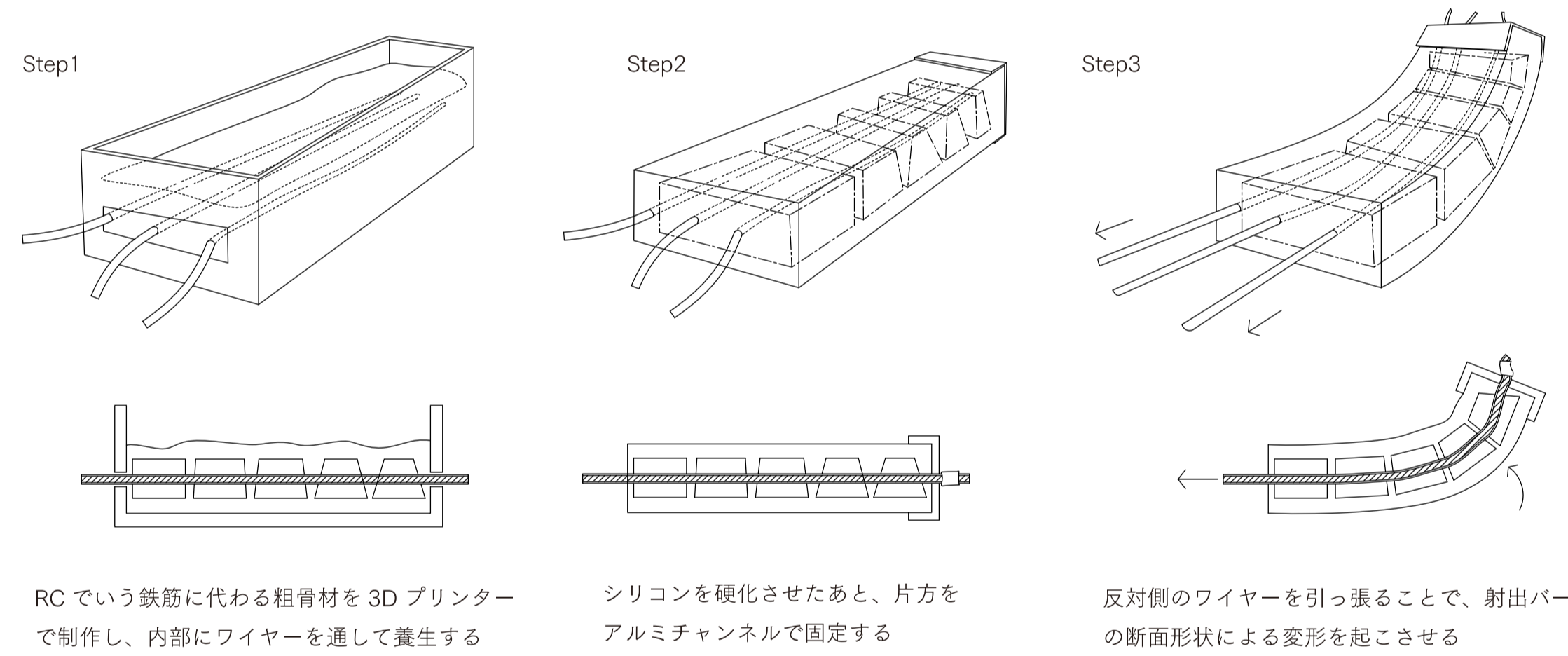
3D プリンターを建築に応用するプロジェクトは世界各国で進んでいる。当初は 3D モデリングをどんなカタチでも簡単に製造できる夢のマシンとして話題に挙がっていたが、使用されていく中で**デメリット**も見出されてきた。以下に既存プロジェクトのリサーチおよび自身での使用経験によるこれらの点を明らかにする。

1. 3D プリンター自身が機構の関係上、射出物よりも大きくなければいけないため**射出物に応じて巨大化する**
2. おおよそ 0.3mm ずつ積層させていくため大きなオブジェクトの射出にかなりの時間がかかるまた途中でエラーが発生した時の損失も大きさに比例する)
3. Z 方向に高ければ高いほど精度が落ちる
4. 熱可塑性樹脂を用いるため、約 100 度で構造的な強度が下がり 200 度程度で融解する
5. 射出途中に対象から離れてしまった場合、それまでの射出物を再利用することができない

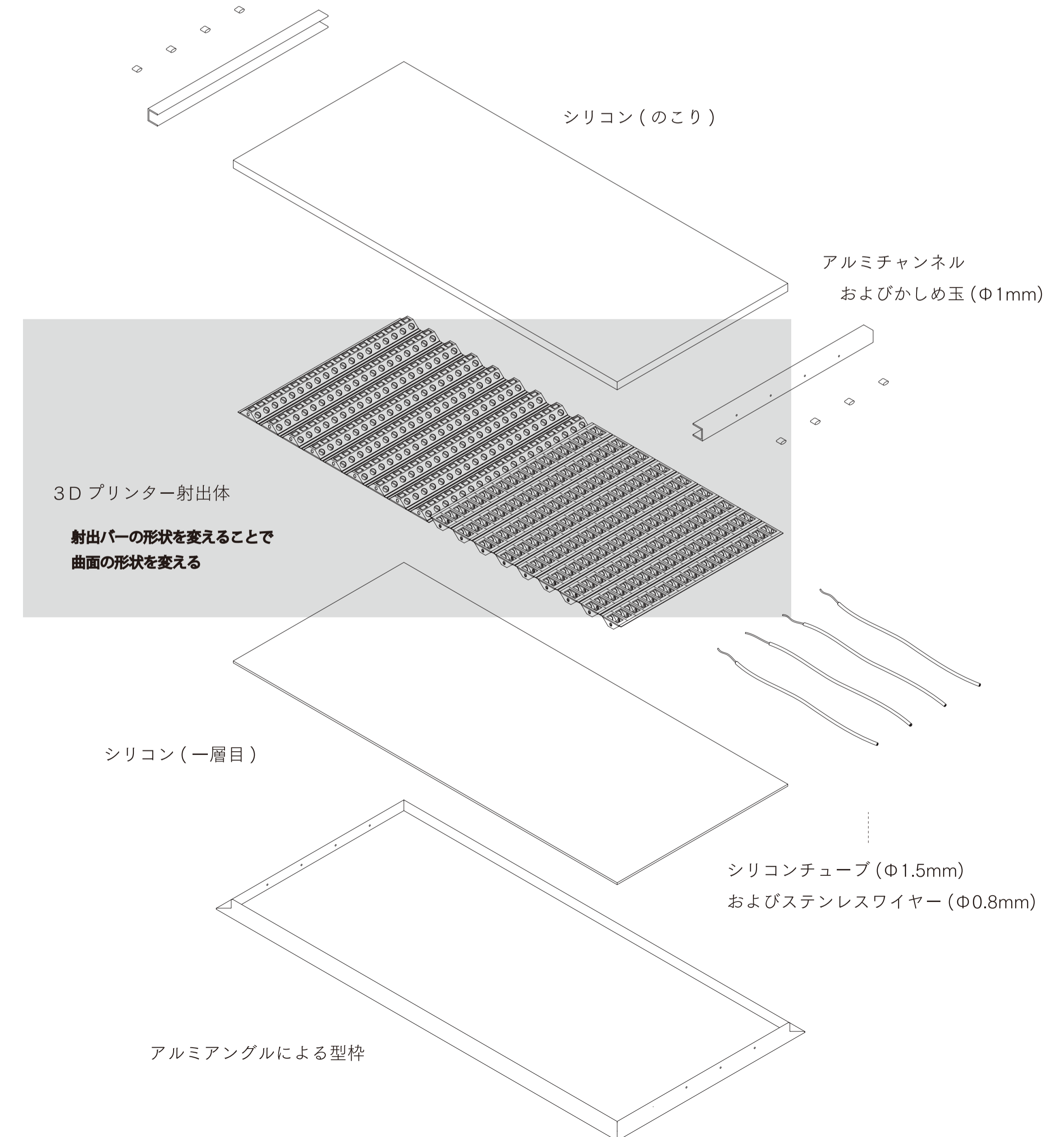
射出した対象は大きくても両手に乗る程度で、かつあまり高さのないもので、大きい一つのパーツを出力するよりもそれぞれがことなる形の小さなパーツをたくさん出力しそれらを組み立てるか異なる材料と組み合わせることに 3D プリンターのプライオリティを發揮できると考えた。

- ポストテンションについて

ポストテンションとは橋などの大スパンを RC でとばす時などに用いられ、予めコンクリートの内部に通しておいた鋼材を硬化後に引くことで補助的な強度を出す手法である。これまで**対荷重用の手法として用いられてきたが粗骨材を 3D プリンターで制作することで対変形用の手法として使用**することを試みる。

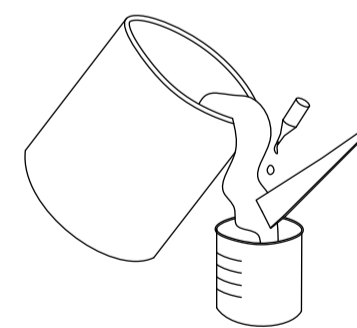


- 構成ダイアグラム



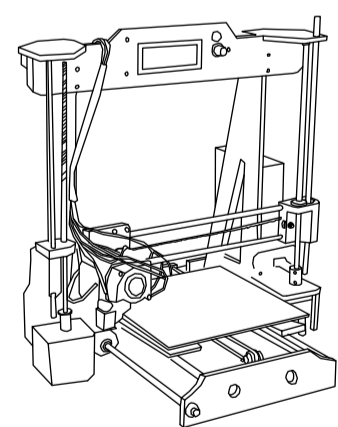
- 道具と素材とその関係

silicone-gum



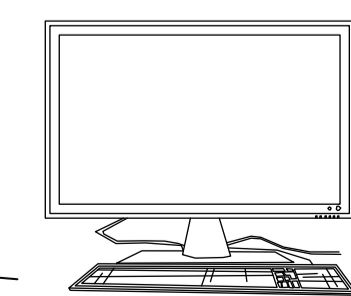
- ・信越シリコン (KE-12)
注型用の中でも一番やわらかいモデル
本制作では射出バーの耐熱被膜の役割もはたしている

3Dprinter

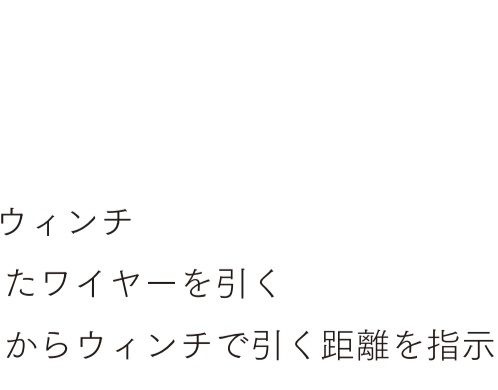


- ・熱溶解積層方式 3D プリンター (3 台)
材料には一般的に使われる PLA (ポリ乳酸) を用いた。
作品ひとモデルは 3 台の 3D プリンターを同時に動かして作ることができる最大の大きさである。モデルに埋め込むための射出バーはおおよそ 1 時間 30 分で出力することができる。

3D プリンター射出体のモデリングデータを送信



computer



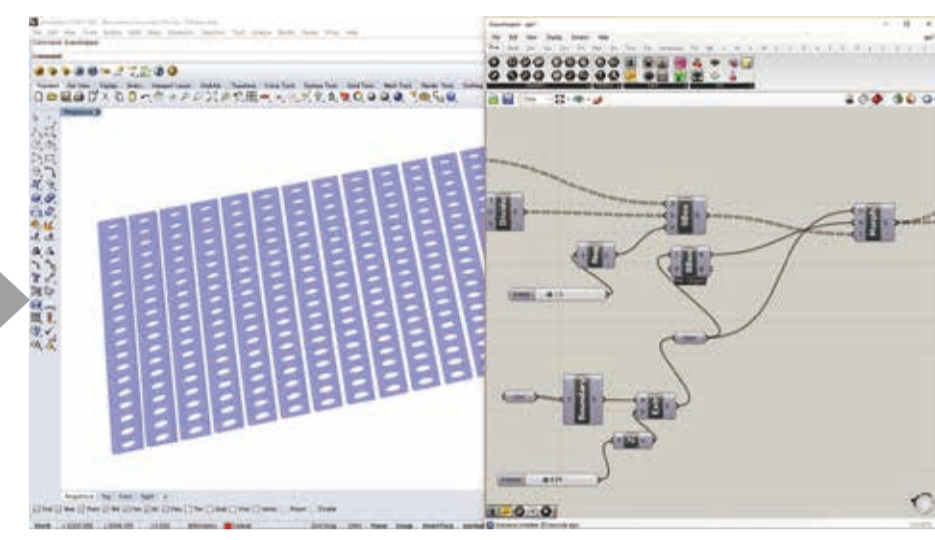
- ・横引き手回しウィンチ
プレート内を通ったワイヤーを引く
シミュレーションからウィンチで引く距離を指示

winch

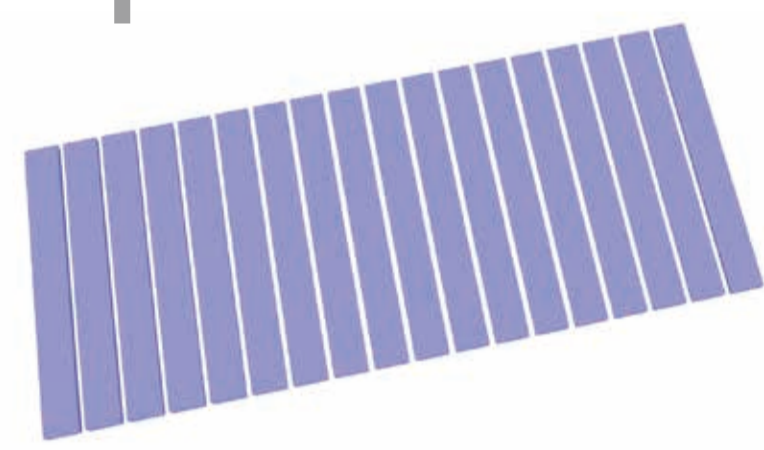
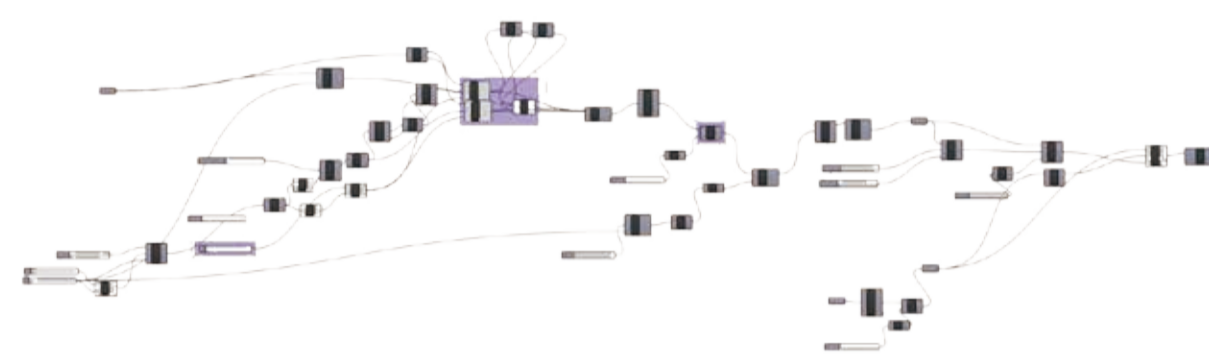
引張距離の指示

- 制作フローチャート

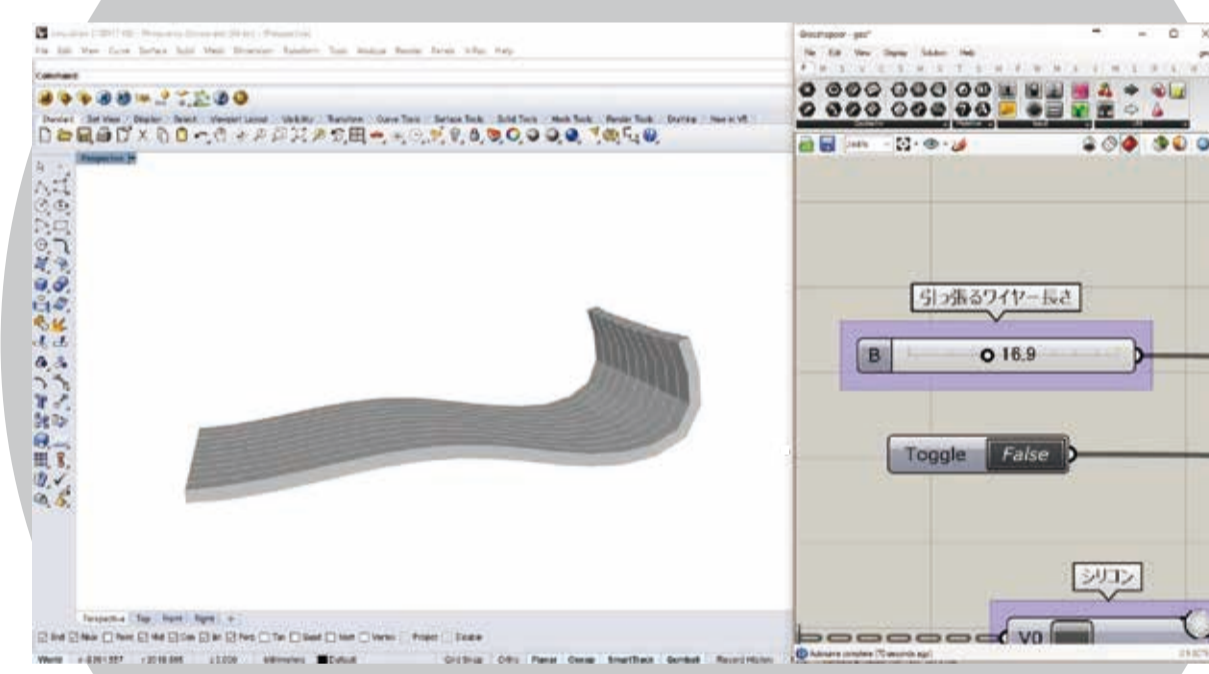
一連の制作方法は大きく二つに分けられる。曲面に応じたモデリングを行う前半部分とモデリングをもとに制作を行う後半部分である。後半部分は曲面の形状にかかわらず同等の作業内容であり、大量の曲面を制作する際でも現場の混乱を防ぎ、また作業要員の確保を容易にすることができる。



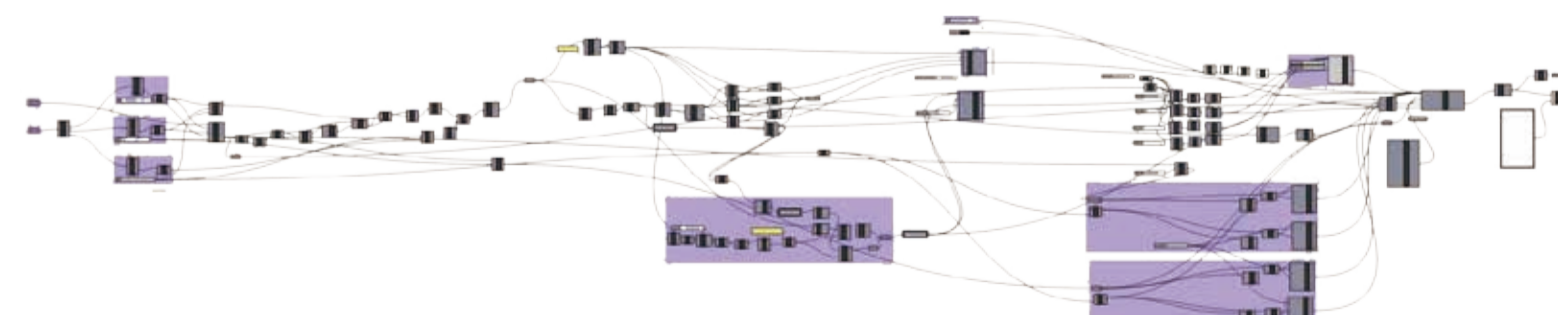
射出バーの形状と開口のディテールを制御するプログラム



モデリング

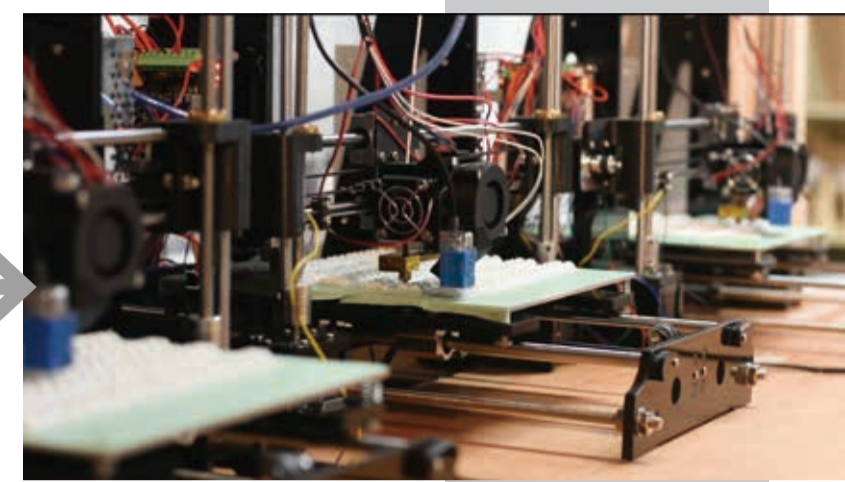


シミュレーションプログラムによる変形の確認

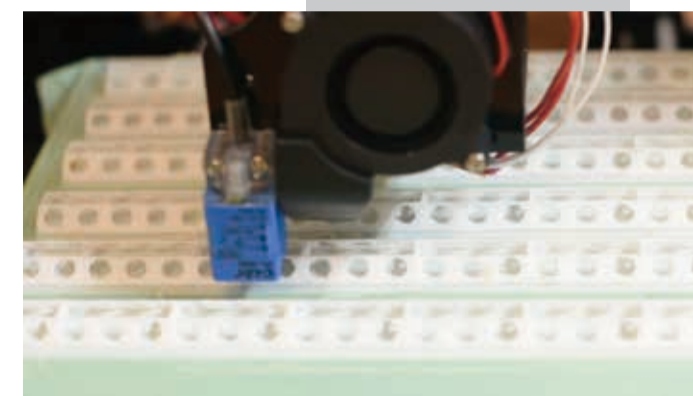


シリコンのヤング係数に応じた変形解析プログラム

曲面に応じたモデリング(プログラマーが担当)



3D プリンターにて出力



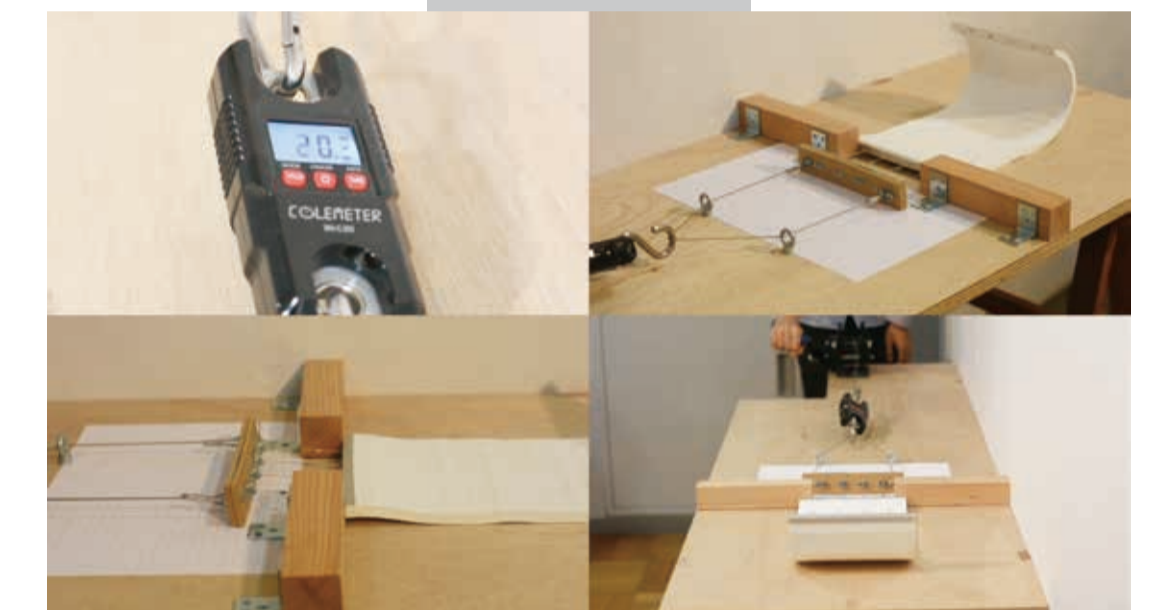
射出バーにシリコンチューブを通す



最下層のシリコン流し込み

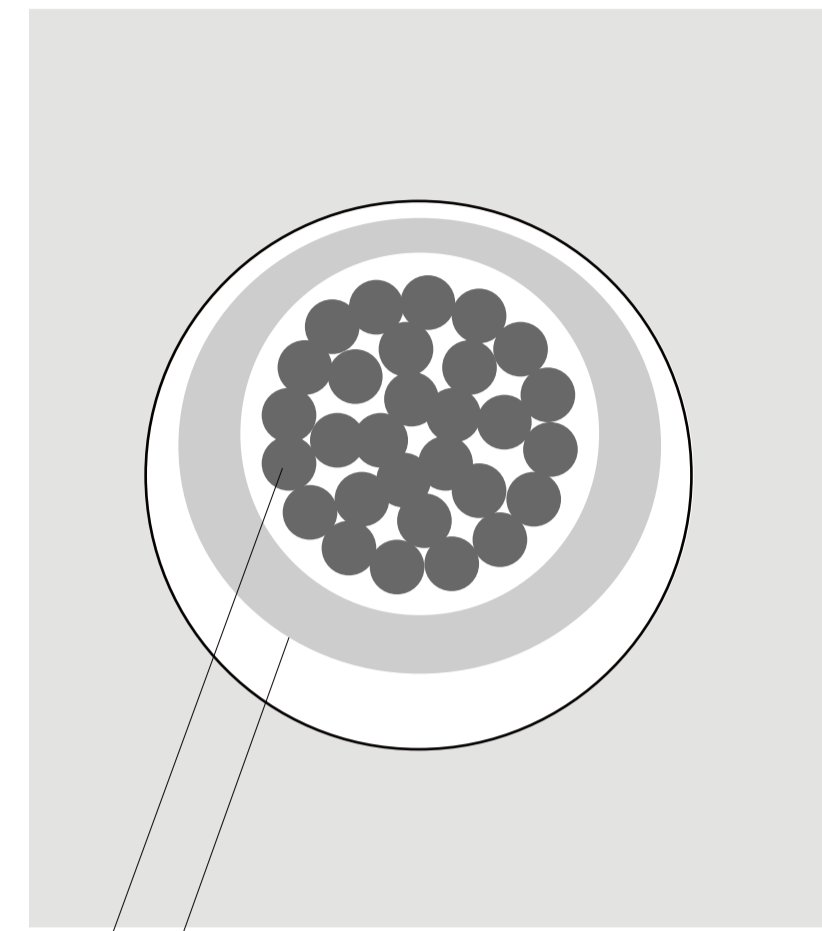


すべての曲面に対して同じ作業工程(プログラムの知識がなくても制作可能)

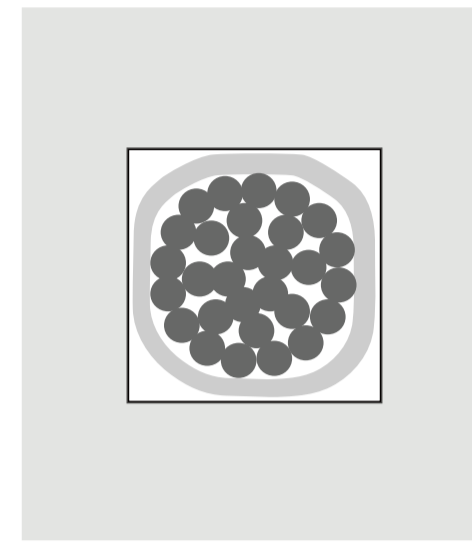
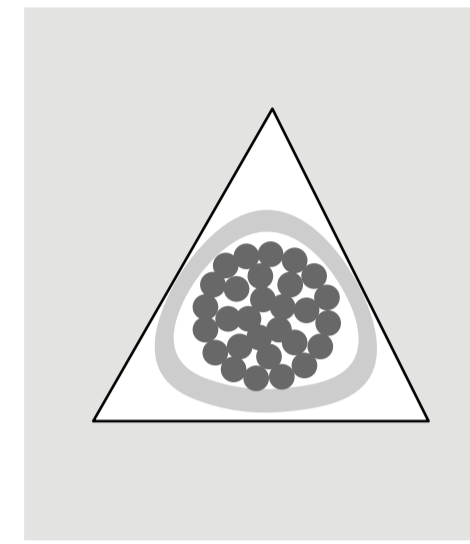


- 射出バーのディテール

射出バーにはさまざまな用途をもった開口やフィンが取り付けられている。
これらはスタディを行う中で発見され、少しずつ改良されていったものである。

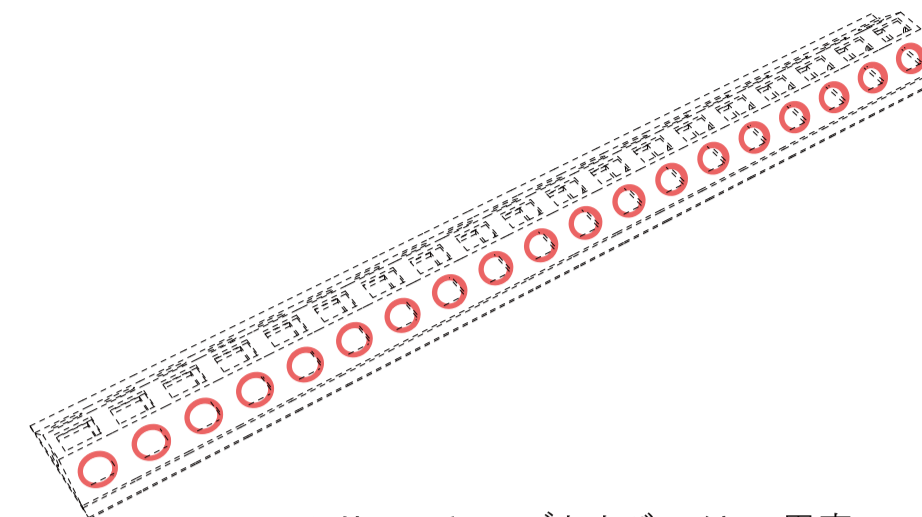


シリコンチューブ(外径2.5mm 内径1.5mm)
ワイヤー(直径1mm)

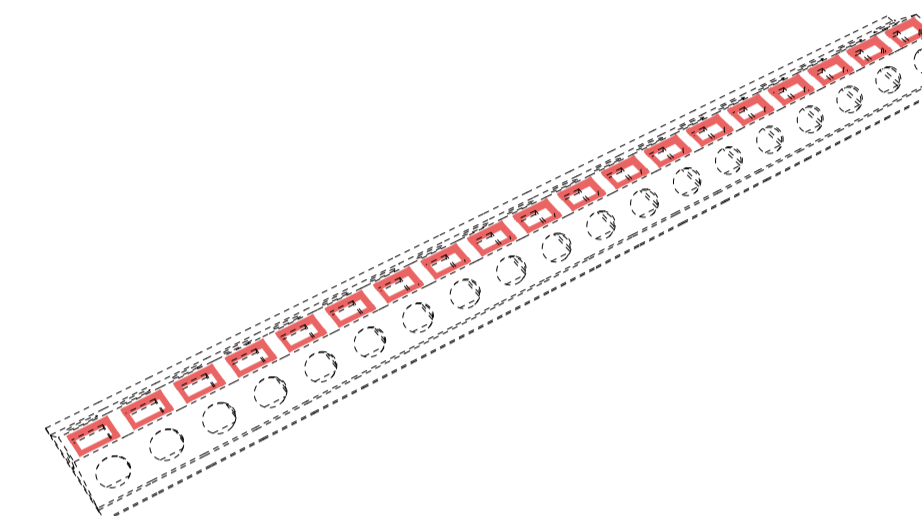


側面スケッチ

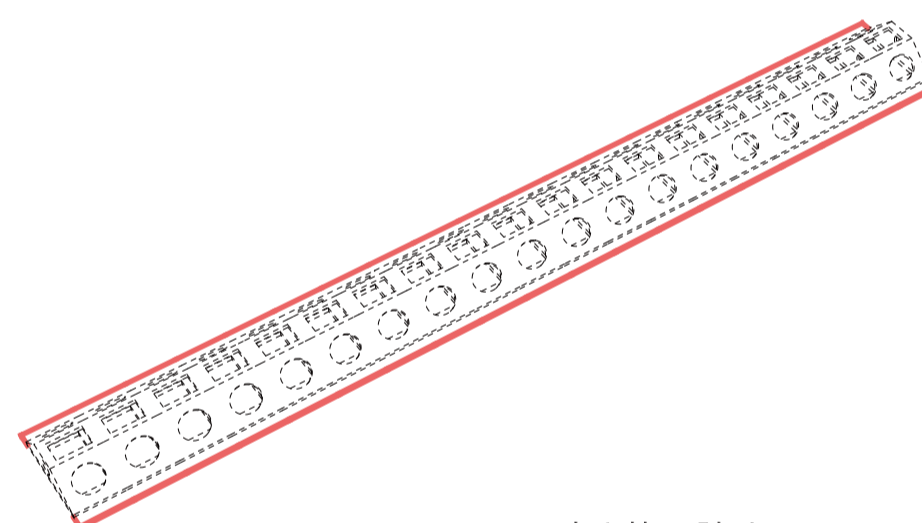
円形以外だとシリコンチューブが射出体と
干渉してワイヤーがほどけ、シリコンチューブを突き破りやすくなる



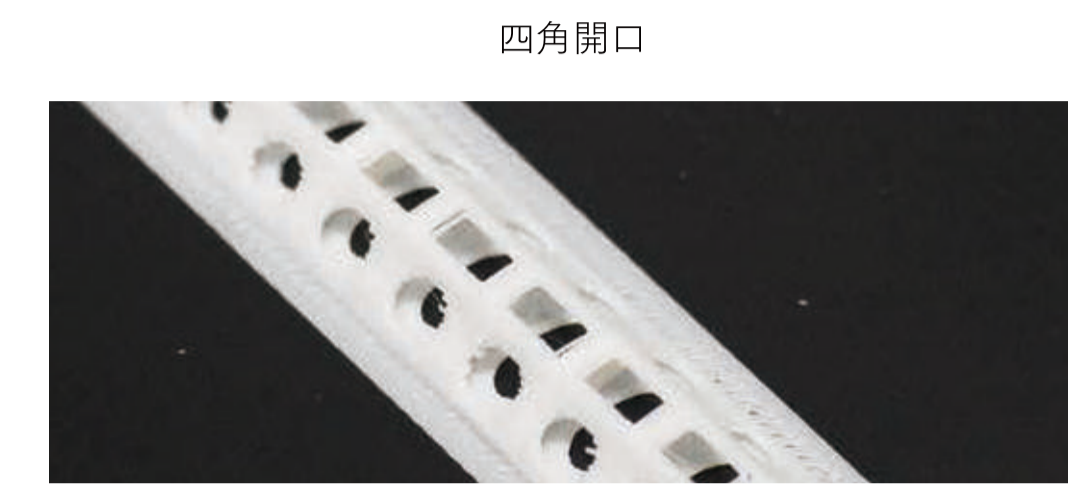
シリコンチューブおよびワイヤー用窓口



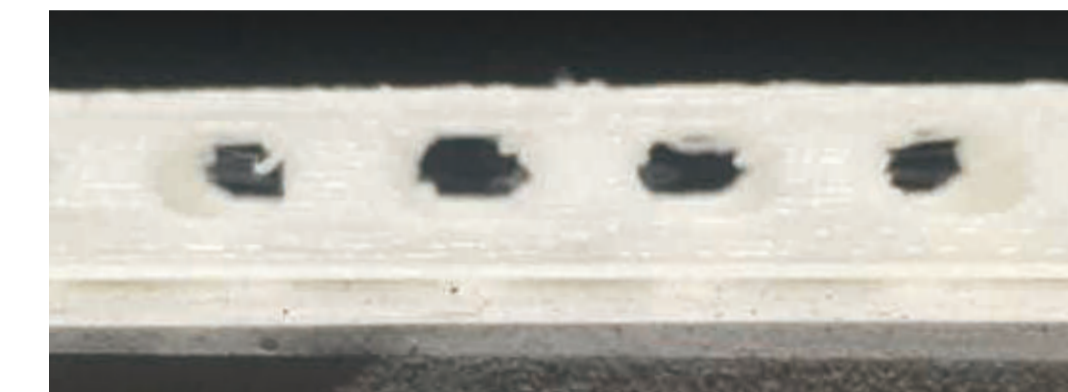
シリコン流し込み用窓口



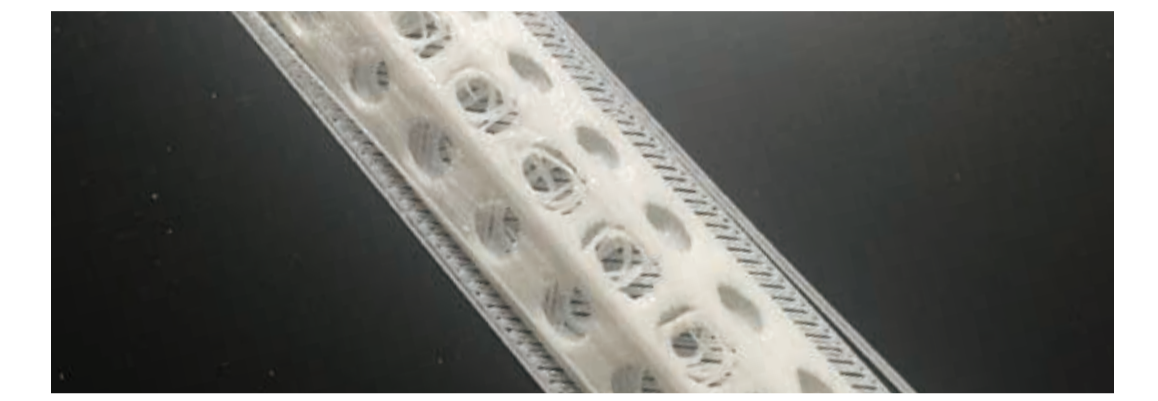
シリコン突き抜け防止用フィン



四角開口



四角は射出時にキャンチにならないため精度が上がる



円形開口



円形は天井成形時にフィラメントが垂れやすい



シリコンを射出体内側に流し込むために
天井面と底面に四角い開口を開けている



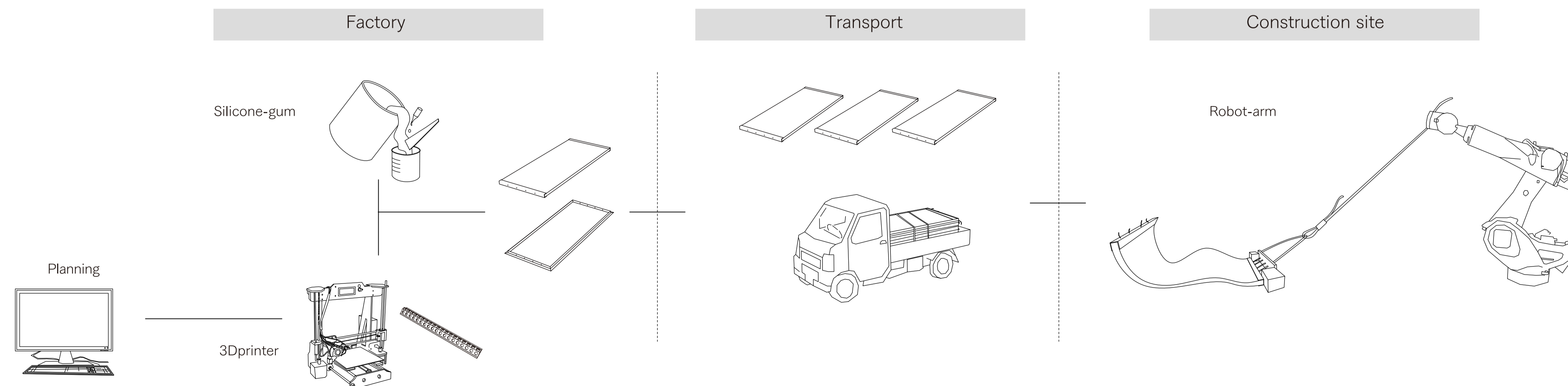
穴をあけないとシリコンに中空部分ができ、
荷重をかけた際に内側に座屈してしまう



このパーツをつけないと荷重をかけた際に射出バーがシリコンを突き破ってしまう



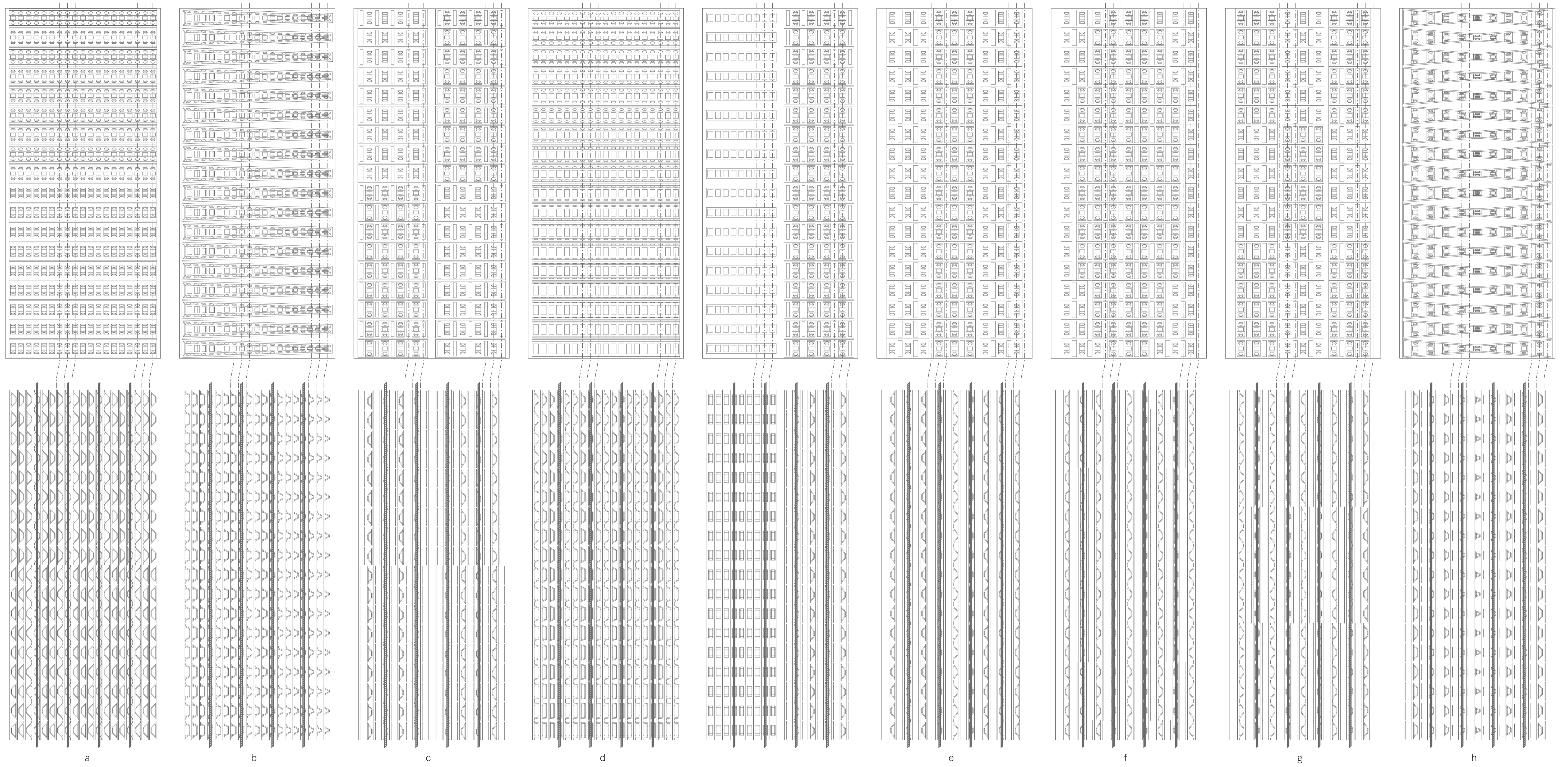
端部が薄くなっているイカの骨をモチーフ



- 展望

ポストテンションをかけるまではプレート状なので工場でシリコンを養生させる
ところまで行い、**平面状態のまま運搬**し現場に到着してからポストテンションを
掛けることも可能である。

これにより、**大変だった曲面パネルの運搬の負担を軽減**することができる。
本制作では廉価版 3D プリンターがプラスチックより硬い素材を扱えなかったた
めシリコンを使用している。将来的に金属やグラフェンなどの硬い素材が扱える
ようになったとき、より硬い曲面パネルを制作することができるようになり、
社会的な貢献度も高まると推察できる。



平面図（上半分） 断面図（下半分） それぞれスケール1:3



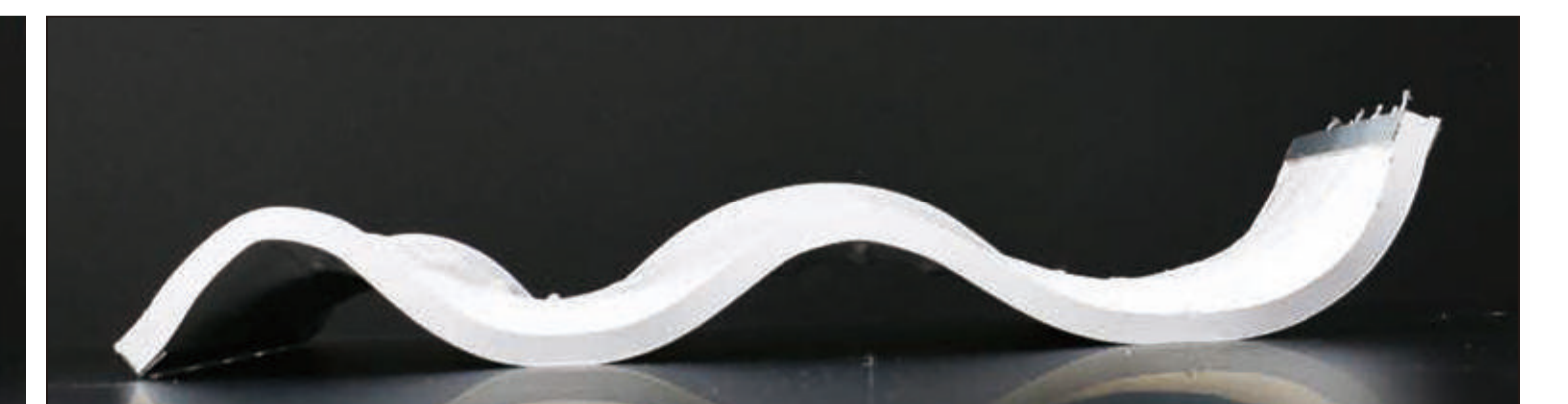
a



c



e



h



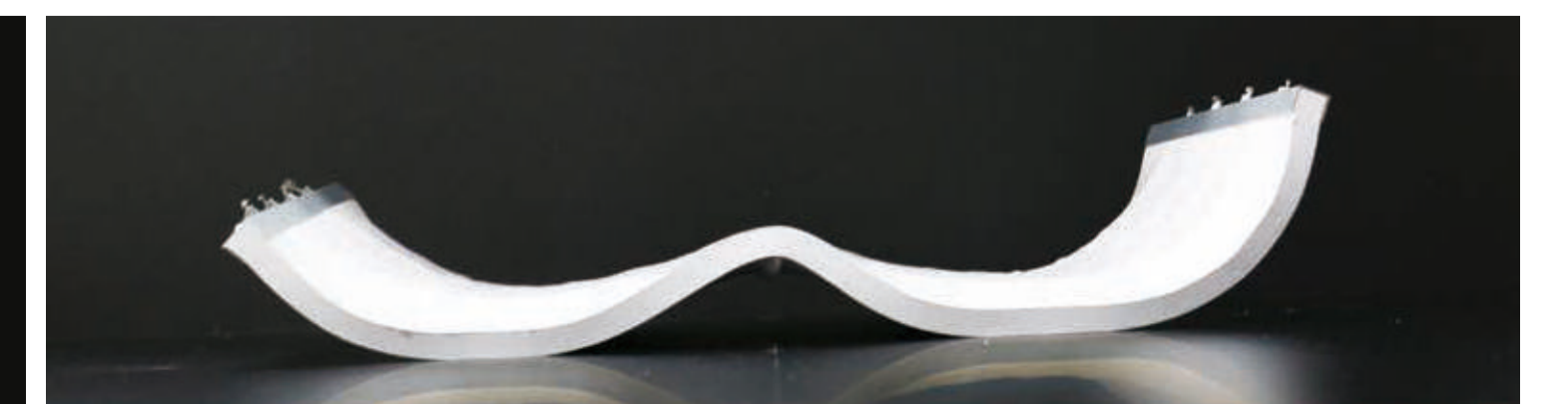
b



d



f



g