

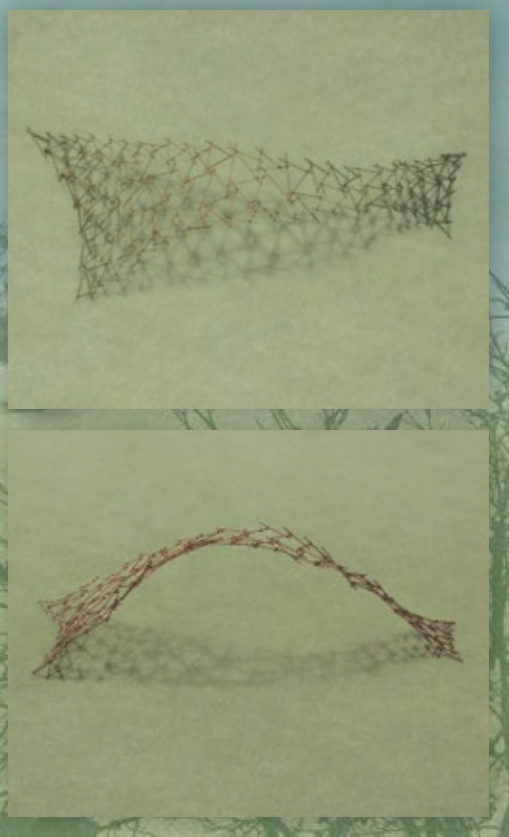
自由曲面を有する Reciprocal Structure

「超軽量構造 = 軽量の部材 × 軽快な構造 × 最適な形状 × 最小限の座屈耐力」

Ultra-lightweight Structure = Lightweight member × Reciprocal Structure × Optimal Shape × Minimum Buckling Strength

古代より人類は、最小限の材料で最大限の空間、スパンとなる様々な魅力的な建築物を築いてきた。素材に注目すると、古代では巨木や棒状の切石による線材部材を組み合わせた架構状の形態から、日干煉瓦・焼成煉瓦・ブロック状の切石・コンクリート（天然セメント）による塊状部材を積み上げた塊状の形態へと大きく変質した。さらに産業革命が起こると高強度・高品質の素材開発が進み、鉄、鉄筋コンクリートが開発され、容易に剛接合が可能となり、様々な構造フォルム、構造デザインが生み出されてきた。

その一方、部材の長大化と高強度化に伴い、素材を作り出すために多くの燃料やエネルギーが消費され、都市と地方、先進国と発展途上国、グローバルとローカルのように、建設技術の差別化が問題視される。今回のテーマでは、ローカル、古代などの環境に今一度回帰し、超軽量構造を見出すことに着目する。ここで掲げる超軽量構造とは、どの時代、環境にも適用でき、材料だけでなく、あらゆる工学的知見を兼ね備えたエレメントの集合体であると考えられる。



1. Lightweight member

軽量かつ容易に入手できる部材として、竹ヒゴを用いる。また、加工できるサイズも考慮し、各部材の長さに制限を加える。



Fig.1: Lightweight Member

2. Reciprocal Structure

Lightweight member を使用した構造を考える。ローカルな環境では、素材をありのままに使い、容易な接合による構造が求められる。そこで、相互依存的なグリッド（Reciprocal Grid）からサーフェスを構成し、鉄線の結束などによる容易な接合を行う。



Fig.2: Reciprocal Grid

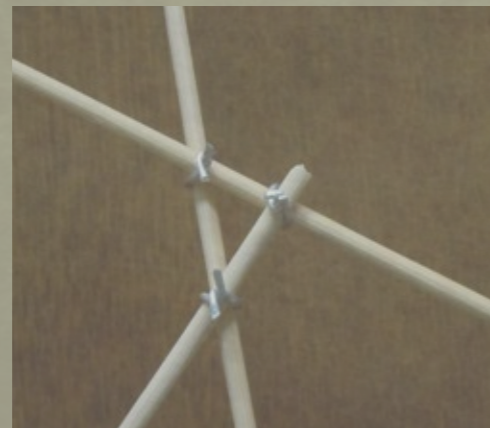


Fig.3: Joint Detail

3. Optimal Shape

Reciprocal Structure を用いて、1m のスパンを架け渡す構造を考える。平面形状やライズをパラメータとし、最先端のコンピューショナルデザイン技術によりガウディのフニクラのような懸垂曲面を発生させる。さらに、重量と変形を目的関数とした多目的最適化問題を解くことにより Pareto 解を探索し、1kg の荷重に耐える最も軽量な形状を決定する。

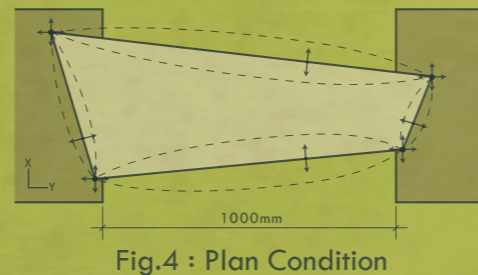
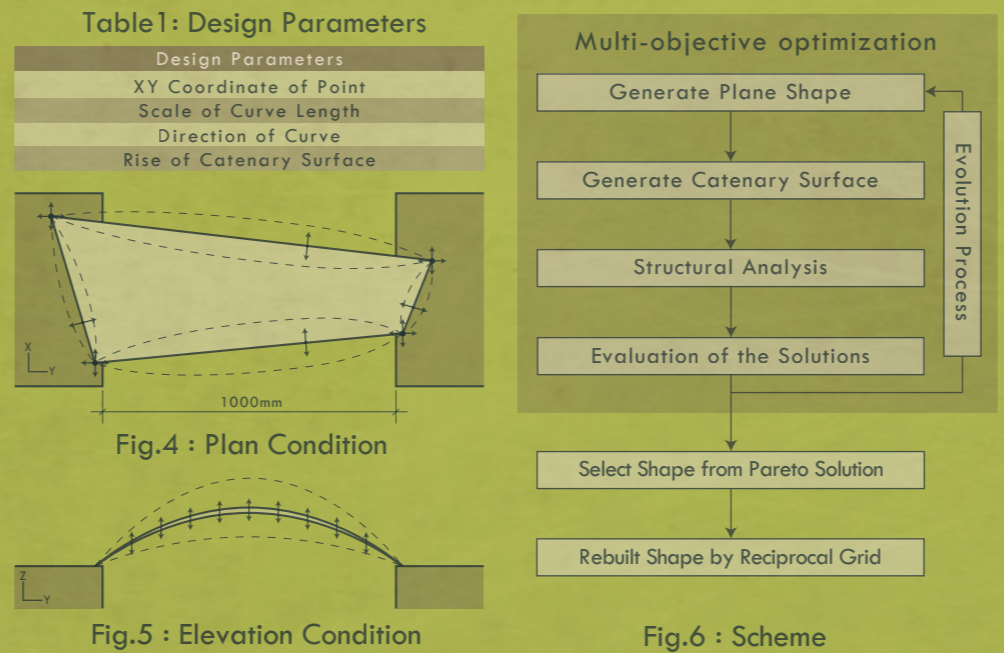


Fig.4: Plan Condition

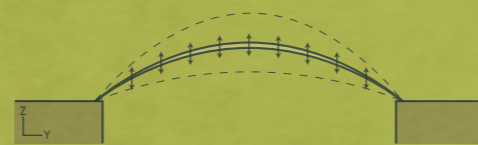


Fig.5: Elevation Condition

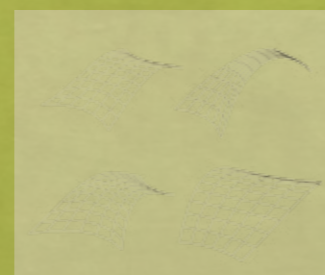


Fig.7: Shape Variations

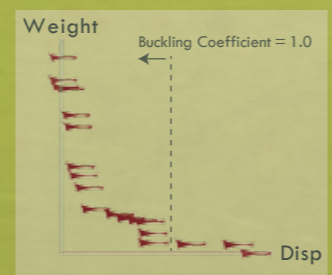


Fig.8: Pareto Solutions



Fig.9: Selected Surface

4. Minimum Buckling Strength

Optimal Shape と、Reciprocal Grid の組み合わせから、無駄の少ない構造とするため、最小限の座屈耐力となるような形態とする。座屈耐力の確認には、汎用構造解析ソフトにより座屈解析を行う。

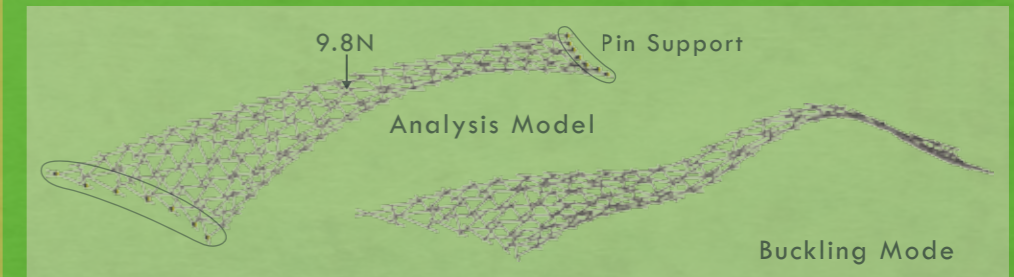


Fig.10: Buckling Analysis

5. Construction, Experiment

3D モデルデータに、接合位置を示したモデルの部材を平面に展開し、加工図として用いる。このようなデジタルファブリケーション技術を活用し、施工の合理化と短縮化を図り、制作を行う。制作した模型に対し、載荷試験を行い、所定の荷重 1kg に耐えられることを確認した。

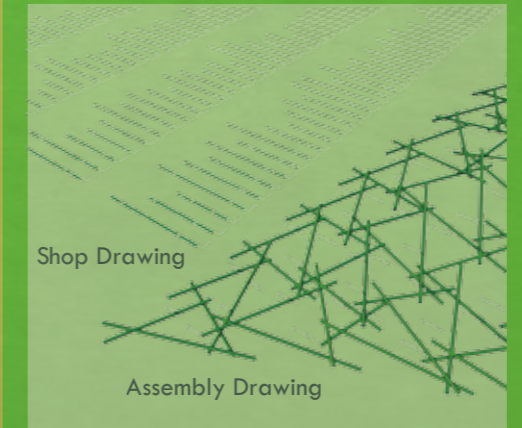


Fig.11: Unroll Elements



Fig.12: Constructing