

03-240236 前田陽祐

6/24 レポート課題

取り組む設計課題

演劇の大道具で用いる「人形脚」と呼ばれる部品の設計を行う。人形脚とは図1のような形状をした部品で、図2のように平台と組み合わせて高台を構成する。

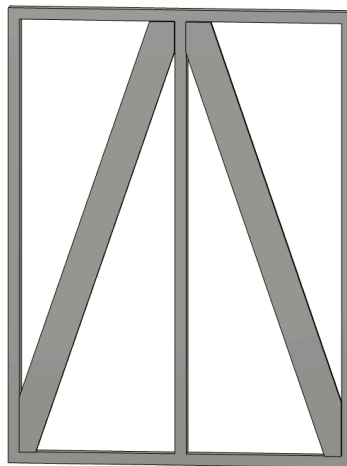


図1 人形脚

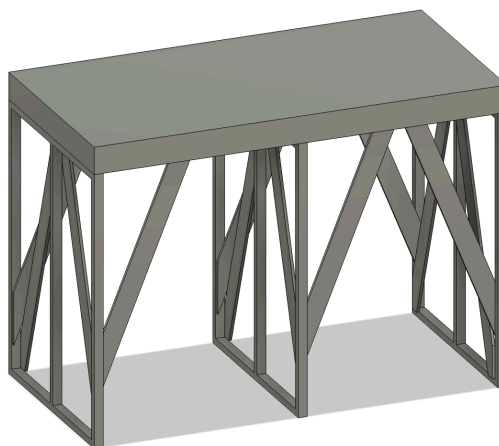


図2 人形脚3つと平台を組み合わせた図

このようにして構成される高台は、演劇の舞台上で役者が立つための台座として用いられる。そのため、人形脚には一定の強度が求められる。一方、素材のコストや加工の工数を考慮すると、人形脚の設計には最適化が

求められる。そこで、本課題では以下の条件で人形脚の最適設計を行う。

（１）設計の善し悪しを判断するための指針

質量

材料費や工数を考慮すると、質量が軽いほど良い。

（２）形状を表現する変数とその許容範囲

厚み 40mm の平板内に収まること

人形脚は図 1 のように平坦な形状をしている。そのため、最適設計においても厚み 40mm の平板内に収まることを条件とする。これは通常人形脚を作るために 30x40mm の角材を使うことによる。

また、隣の高台との接合や側面の装飾のために、平板の左右の端に部材が存在する必要がある。

100kg の重量を支えることができること

高台が役者や平台の重量を支えるため、人形脚には一定の強度が求められる。平台がおよそ 20kg、大柄な役者であれば 80kg 程度と考え、3 倍の安全率を考慮すると 100kg の重量を支えることができることが望ましい。（人形脚は 3 つを組み合わせ高台を構成するため、3 倍の安全率で 1 つあたり 100kg になる）

より具体的には、100kg の荷重を受けたときに、主応力の最大値が基準値を超えないことが求められる。

（３）力学的振る舞いを評価するための数理モデル

弾性方程式

Fusion360 のシェイプ最適化を用いて最適設計を行う。

材料特性

材料は通常木材を用いるが、本課題では簡略化および最適化シミュレーションのために鋼を用いるものとして解析を行う。軽量化を目的とした最適設計では棒状の部分が多くなることが予想されるため、木材の繊維方向を用いるものと考えて等方性を仮定することができる。

■応力の基準値 木材の圧縮方向の許容応力度は長期使用の場合 $1.1F_c/3$ によって求めることができる^{*1}。ここで、 F_c は木材の圧縮方向の材料強度であり、甲種 1 級のアカマツの場合、 $F_c = 27.0\text{MPa}$ となる。^{*2}。したがって、許容応力度は $1.1 \times 27.0/3 = 9.9\text{MPa}$ となる。これを基準値として、人形脚の設計を行う。

^{*1} 建築基準法施行令（昭和二十五年政令第三百三十八号）第八十九条第一項

^{*2} 木材の基準強度 F_c 、 F_t 、 F_b 及び F_s を定める件（国土交通省告示第九一〇号）

シミュレーションの詳細

固定条件

図 3 のように、厚み 40mm の平板を縦に配置する。底面を固定し、上面に 1000N の荷重を加える。